



SIMPÔSIOS

DA 28ª REUNIÃO ANUAL

DA

**SOCIEDADE BRASILEIRA
PARA O PROGRESSO
DA CIÊNCIA**

**JULHO DE 1976
BRASÍLIA**

2

SÃO PAULO

1978



SIMPÓSIOS

DA 28ª REUNIÃO ANUAL

DA

**SOCIEDADE BRASILEIRA
PARA O PROGRESSO
DA CIÊNCIA**

**JULHO DE 1976
BRASÍLIA**

2

**SÃO PAULO
1978**



SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, FUNDADA EM 8 DE JUNHO DE 1948

ÍNDICE

O ENSINO DAS CIÊNCIAS SOCIAIS NO BRASIL

1 — Comentários sobre o ensino das ciências sociais e a Administração, <i>Esdras B. Costa</i>	1
2 — O ensino da Ciência Política no Brasil, <i>Bolívar Lamounier</i>	6
3 — O ensino da Antropologia no Brasil, <i>Edgard de Assis Carvalho</i>	11
4 — O ensino da Sociologia no Brasil, <i>Heleieth I. B. Saffioti</i>	13

CONHECIMENTO ANTROPOLÓGICO E SOCIEDADES INDÍGENAS NO BRASIL

1 — Sobre o conceito de sociedade primitiva, <i>Amadeu J. Duarte Lanna</i>	17
2 — O índio e a sua imagem do mundo, <i>Egon Schaden</i>	20
3 — A pintura corporal, <i>Lux Boelitz Vidal</i>	24

BRASIL INDÍGENA

1 — Projeto Kaingang, <i>Cecília Maria Vieira Helm</i>	26
2 — Projeto Araribá, Icatu e Vanuíre, <i>Carmen Junqueira</i>	27
3 — A experiência indigenista do Parque Indígena do Xingu, <i>Orlando Vilas Boas</i>	29
4 — Plano de pesquisa junto aos Terena e Caduveo, <i>Fernando Franco Altenfelder Silva</i>	30
5 — Relatório sobre o estado atual do Centro de Documentação Etnológica e Indigenista da FUNAI, <i>Carlos de Araujo Moreira Neto</i>	31

INTEGRAÇÃO DA CRIANÇA EM SEU MUNDO SOCIAL

Introdução	39
1 — Interação recíproca indivíduo-meio e o progresso da integração social da criança, <i>Maria Clotilde Rossetti Ferreira</i>	40
2 — Fatores que interferem no processo de integração social da criança desnutrida e marginalizada culturalmente, <i>Thereza Pontual de Lemos Mettel</i>	46
3 — Aims and methods in studying behavioural development in children, <i>Peter K. Smith</i>	52
4 — Os programas de educação compensatória para crianças desnutridas e culturalmente marginalizadas: algumas considerações críticas, <i>Maria Helena Souza Patto</i>	63

EXPERIÊNCIA DE TRABALHO COMUNITÁRIO NO JARDIM SABIÁ, *Cary Peabody Perry, Henedina A. M. Medeiros, Hermelinda A. Guerra, Maria Aparecida Carlini, Maria Lúcia M. Regis, Maria do Carmo de Oliveira, Marianna Augusto, Tereza Y. Kakehashi e Zilá Silveira*

67

BURACOS NEGROS

1 — Configurações compactas no universo, <i>J. A. de Freitas Pacheco</i>	93
2 — Física dos buracos negros, <i>Jayme Tiomno</i>	100

3 — Buracos negros e evolução estelar, <i>Zulema Abraham</i>	104
4 — Cygnus X-1 como buraco negro, <i>J. E. Steiner</i>	108

GENÉTICA E MELHORAMENTO DE MICRORGANISMOS DE IMPORTÂNCIA INDUSTRIAL

1 — Instabilidade genética em microrganismos industriais, <i>João Lúcio de Azevedo</i>	119
2 — Melhoramento de <i>Aspergillus niger</i> para produção de ácido cítrico, <i>Renato Bonatelli Junior</i>	123
3 — Métodos de obtenção de mutantes de interesse para a microbiologia industrial, <i>Sergio Olavo Pinto da Costa</i>	128
4 — Produção de xilanase por mutantes de <i>Rhizopus</i> , induzidos por luz ultravioleta, <i>Hilary C. de Menezes</i>	134

ELETROFORESE — RESULTADOS DE PERSPECTIVAS

1 — Eletroforese em géis de poliacrilamida, <i>Romeu Cardoso Guimarães</i>	137
2 — O emprego da eletroforese no estudo dos animais domésticos, <i>Jehud Bortolozzi</i>	147
3 — Suportes eletroforéticos, <i>Arno Rudi Schwantes</i>	154

DETERGENTES — ESTRUTURA E CATÁLISE

1 — The study of lyomesophases by nuclear magnetic resonance methods, <i>L. W. Reeves</i>	159
2 — Recent advances in the investigation of reversed micelles, <i>Janos H. Fendler</i>	161
3 — Kinetics of organic reactions in micellar systems, <i>E. H. Cordes</i>	164

FÍSICA EM MEDICINA, PROTEÇÃO BIOLÓGICA E RADIOLOGIA

1 — Técnicas de “afterloading” em radioterapia, <i>D. M. Vizeu</i>	166
2 — Irradiação do corpo inteiro com elétrons de 4 MeV e fótons de 8 MeV, <i>Adelino José Pereira</i>	171
3 — Dosimetria TL de nêutrons, <i>Shiguo Watanabe</i>	174
4 — Dosimetria de elétrons de alta energia, <i>Carlos E. de Almeida</i>	178

APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO

1 — Aspectos metodológicos da simulação, <i>Fernando José Costanti</i>	183
2 — Utilización de técnicas de simulación en la enseñanza de control automatico, <i>Jaime Feinstein</i>	190
3 — A simulação de sistemas biológicos, <i>Walter Celso de Lima</i>	195
4 — Modeling, simulation and interdisciplinary research, <i>R. Vichnevetsky</i>	200

ENSINO DAS CIÊNCIAS DE FORMA INTEGRADA

1 — Intervenção de E. W. Hamburger	203
2 — Base para uma integração do ensino de ciências, <i>Ubiratan D'Ambrosio</i>	207
3 — Ciência integrada para uma burocracia integrada, <i>José Arthur Giannotti</i>	210
4 — Polivalentes ou polichinelos?, <i>Luiz Antônio Cunha</i>	213

FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE DISCIPLINAS CIENTÍFICAS PARA O 1º E 2º GRAUS

1 — Licenciatura de ciências e suas vinculações com a política educacional, <i>Vanessa Guimarães Marri</i>	223
2 — Licenciatura em ciências: a experiência na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, <i>Antonio B. J. B. Todesco</i>	229
3 — Formação de professores para o 1º e 2º graus: a licenciatura em ciências, <i>Marcio Quintão Moreno</i>	235

Comentários sobre o ensino das ciências sociais e a administração

ESDRAS B. COSTA, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.

Parece não haver dúvida de que, nos últimos 50 anos a administração, como campo especializado de reflexão, pesquisa e ensino, desenvolveu e expandiu-se em todo o mundo. Tal desenvolvimento pôs em relevo algumas questões importantes no que se refere a temas, problemas e métodos de pesquisa das ciências sociais e à orientação e método de seu ensino.

Em conhecido relatório da UNESCO,** publicado em 1958, essa expansão do estudo e ensino de administração como campo autônomo é atribuída em parte à “criação de serviços públicos cada vez mais vastos e complexos”, à crescente intervenção estatal na economia e à transformação dos países europeus e americanos em sociedades de tipo industrial. O mesmo trabalho chama de países novos aos que conquistaram recentemente sua independência ou que só há pouco tempo “modernizaram suas instituições, inspirando-se em modelos ocidentais”; e diz que, nesses países, há “uma evidente conexão” entre o desenvolvimento do “ensino superior de administração pública... e a necessidade, por vezes imperiosa, da formação de quadros superiores para a função pública”.

O relatório pergunta se a ciência administrativa (ou ciência da administração pública) deve ser considerada como “autônoma, ainda que em estreita interdependência com as outras ciências sociais”, ou se, ao contrário, se deve falar de “ciências administrativas” no plural, considerados como “ciências sociais ou partes de ciências sociais que, sem verdadeira autonomia, contribuem para a análise do fato administrativo”.

* Simpósio realizado durante a XXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em Brasília, em julho de 1976.

** UNESCO, *Administration publique*, da série “Les sciences sociales dans l'enseignement supérieur”. 1958.

Na mesma época em que aparece o relatório da Unesco, é criado na Universidade de Pittsburgh um Centro de Ciência Administrativa com especialistas vindos “das ciências do comportamento e das áreas aplicadas de administração”, para estudar o “processo administrativo” em suas diferentes formas, “em muitos contextos institucionais e em várias culturas contemporâneas”. Em trabalho publicado pelo Centro, em 1959***, se diz que “em anos recentes chegamos a reconhecer que administração é um processo social distinto e identificável que ocorre em todas as instituições contemporâneas e que aumenta em importância à medida que essas instituições e os ambientes em que funcionam crescem em tamanho e complexidade”.

Na crença de que o estudo da administração “pode vir a tornar-se uma disciplina distinta e assumir seu lugar entre as ciências sociais e do comportamento mais tradicionais”, o autor desse trabalho preocupa-se em demonstrar que as atividades administrativas são bem distintas de outras atividades do ser humano em grupo e merecem, portanto, uma ciência especial para estudá-los. São atividades relacionadas com “a criação, manutenção ou operação de organizações como organizações”, quaisquer que sejam os objetivos técnicos ou profissionais dessas organizações. Diferentemente de outras formas de ação conjugada, as organizações como organizações têm, para esses autores, atividades permanentes (não *ad hoc*), exigem especialização de tarefas e, portanto, coordenação, e interagem como sistemas administrativos com o sistema maior do “ambiente”, dele retirando e para ele devolvendo, em intercâmbio, serviços, equipamentos, pessoal, autoridade e dinheiro ou outros meios de troca.

*** James D. Thompson e outros, *Comparative Studies in Administration*. Univ. of Pittsburgh Press, 1959.

Tais funções administrativas, adverte o estudo do Centro, são cumpridas no curso de *processos*; “a administração é um fenômeno dinâmico” e a ciência da administração deve preocupar-se com “processos administrativos” através dos quais certas “seqüências típicas (padronizadas) de comportamento” resultam no “estabelecimento, manutenção ou rejeição de determinados objetivos organizacionais” e também na “adoção, manutenção ou limitação” de certas estruturas administrativas. Dentro da perspectiva estrutural-funcionalista que orienta o estudo do Centro, predomina o interesse pelas condições da continuidade de dadas estruturas, de seu desenvolvimento ou de sua transformação *gradual*, e essa *dinâmica* organizacional deverá ser estudada por uma ciência administrativa com suas próprias “teorias administrativas”, destinadas não só a esclarecer os fatos, mas também a informar as decisões administrativas.

Esse novo campo, essa nova ciência social em formação, diz o artigo publicado pelo Centro (p.13), se valerá dos recursos das outras ciências sociais: Recorrerá à antropologia e à sociologia para a compreensão da dinâmica de sociedades complexas. À economia, para entender o papel da empresa e outras unidades similares dentro do sistema econômico mais amplo. À ciência política, à história e ao direito, para compreender como interagem as organizações e qual o seu papel no contexto de sistemas jurídicos e governamentais de larga escala. À história, para informações sobre como, no passado, determinadas organizações administrativas reformularam seus objetivos tendo em vista transformações nos sistemas maiores em que estavam inseridas. À psicologia social, para conhecimentos sobre a dinâmica de pequenos grupos e sobre as diferenças de comportamento entre diferentes grupos da sociedade.

Tão importantes como essa contribuição das ciências sociais tradicionais, continua o artigo, é a contribuição de “novos campos de estudo” tais como a teoria dos jogos, a cibernética, a teoria da informação, a teoria de sistemas, justamente porque tendem a ser interdisciplinares e principalmente porque se especializam no estudo de processos, isto é, no desenvolvimento e refinamento de modelos adequados para a compreensão da dinâmica das organizações e da administração.

O já referido relatório da UNESCO também se preocupa com a delimitação do objeto

de estudo da ciência da administração. Porém, formula o problema de modo diferente.

Após rápida referência ao Cameralismo alemão do século 18 que foi, segundo o relatório, “o primeiro exemplo da influência do desenvolvimento do aparelho estatal no estudo organizado de administração” — passa a falar de sua superação, no fim daquele século e no século 19, pelo desenvolvimento do estado de direito e pela crescente influência do direito administrativo no ensino de administração.

Esta influência foi especialmente notável na França, onde, a partir da reflexão dos professores de direito sobre a jurisprudência administrativa, o direito administrativo, “quase monopoliza o ensino relativo à administração pública”. A doutrina jurídica resultante, diz o relatório, trata dos fenômenos administrativos “não de dentro para fora mas de fora para dentro, não em autonomia e funcionamento mas em sua patologia e em seus aspectos jurídico-normativos”.

Só depois da I Guerra Mundial, e especialmente a partir de 1945, aumenta o interesse pelo ensino das disciplinas não jurídicas de administração, isto é, de um lado, as ensinadas nos institutos de estudos políticos, e de outro lado as noções e perspectivas do movimento de racionalização do trabalho e da preocupação com as funções administrativas *stricto sensu*. Tanto esta última contribuição, ligada aos trabalhos de Taylor e Fayol, como a dos estudos políticos, teriam o objetivo de melhorar o recrutamento, a seleção e o aperfeiçoamento dos altos funcionários públicos franceses, expondo-os a um ensino não exclusivamente jurídico, mas sim voltado para o conjunto das ciências sociais. Apesar dessas novas tendências, o direito administrativo conservou seu lugar central e predominante na ciência administrativa na França, na primeira metade deste século.

A mesma tendência ao que se poderia chamar de “modernização” do ensino da administração se nota nos países do continente europeu sujeitos à influência francesa e mesmo na Alemanha e nos países da Europa central sob influência alemã: o direito administrativo predomina na segunda metade do século 19 e nas primeiras décadas do século 20, mas em seguida esse predomínio é posto em cheque pela crescente preocupação com os motivos e causas da ação administrativa e do funcionamento das organizações, com os fatores da eficiência ad-

ministrativa e, em consequência, com as promessas das ciências sociais não jurídicas.

Na Inglaterra esse contraste entre ciências jurídicas e ciências não jurídicas de administração não chega a ter tanta importância, pois nesse país foi maior do que no continente a resistência das universidades e o desinteresse dos poderes públicos pelo estudo e ensino da administração como campo distinto do conhecimento. Constituem exceção a essa regra trabalhos tais como os de S. e B. Webb sobre administração local e sobre administração de assistência social, ligados à doutrina e à política dos movimentos trabalhistas. Além desses precursores, só muito recentemente, e fora das instituições mais tradicionais de ensino, passaram a contribuir para a quebra dessa resistência o desenvolvimento da ciência política e, em outro nível, a pesquisa sobre técnicas de administração, tendo em vista o preparo de funcionários públicos locais e regionais.

É a partir dessa revisão histórica, aqui apenas afluída, que o relatório da UNESCO sobre o ensino superior de administração pública ensaia a definição do objeto da ciência de administração — o “fenômeno administrativo”; e o faz tentando identificar as direções de uma convergência na orientação das diferentes experiências, realmente levadas a efeito, de reflexão sistemática, ensino, pesquisa e doutrina no campo da administração. Adverte que não se trata de fusão e sim de convergência, muitas vezes problemática, entre essas tradições intelectuais, que são também tradições administrativas e políticas.

PRIMEIRO, a convergência das duas orientações bem distintas que são a da “concepção jurídica do fato administrativo e das disciplinas não jurídicas que tomam por objeto o serviço público”.

Em SEGUNDO lugar, a convergência das próprias ciências sociais não jurídicas entre si, quando se voltam para o estudo e ensino da administração.

Uma TERCEIRA corrente se caracteriza pela procura de uma unidade conceitual entre noções de administração pública e noções de administração privada, ou pela demonstração de diferenças básicas entre os dois campos.

A segunda tendência acima mencionada aparece como influência marcante no estudo do Centro de Pittsburgh, citado no início da presente comunicação. Nesse estudo também se fala de uma tendência que poderia ser consi-

derada como QUARTA linha de convergência — a saber, a que se verifica entre a teoria de sistemas ou campos afins e, por outro lado, certas correntes dominantes da teoria sociológica.

Cada uma dessas correntes de convergência entre diferentes tradições do ensino de administração suscita reflexões sobre a contribuição das ciências sociais à pesquisa e ao ensino em administração.

A primeira linha de convergência pode resultar em uma acomodação: ao direito administrativo se atribuirá o objetivo de regulamentar (normar) a ação administrativa, enquanto que às ciências sociais não jurídicas se atribuirá o objetivo de estudar as forças motoras, as causas sociais da ação administrativa. Essa acomodação é precária, pois embora os especialistas em direito administrativo admitam “a existência de outras modalidades de estudo da administração, não deixam de optar pela predominância da perspectiva do direito, enquanto que, por outro lado, os sociólogos consideram a administração como fenômeno social e a regra jurídica como um elemento normativo suplementar” a ser observado, analisado entre outros, dentro da perspectiva sociológica. Esse contraste possivelmente se acentuará na medida em que se pedir ao direito e às outras ciências sociais uma orientação básica para a formação do administrador, e não somente subsídios específicos para o ensino de administração.

A segunda linha de convergência também pode levar a uma acomodação, mediante a qual se pedirá a cada uma das ciências sociais não jurídicas subsídios específicos para a compreensão dos fenômenos administrativos e para a preparação de administradores; tantos subsídios e de tais tipos que respondam às instáveis exigências do mercado de administradores profissionais. Diferente dessa acomodação seria resultar aquela convergência na predominância da perspectiva de uma das ciências sociais sobre as outras. Talvez a da sociologia, através da teoria das organizações como organizações, e em relação com seu ambiente. Talvez a da ciência política, como parece ser o caso da Inglaterra em que, segundo o relatório da Unesco, “as ciências administrativas desenvolveram-se em conexão com a ciência política desde o momento em que esta última superou a fase da especialização técnica e voltou-se para a análise institucional”. Talvez a da economia política, da qual a administração seria uma parte, em estreita relação com a disciplina de finanças públicas. Talvez a da psicologia so-

cial, como ciência básica do comportamento humano, considerando-se a administração apenas como uma modalidade de comportamento humano, sem necessidade de uma ciência especial para estudá-la. Ou ainda, para voltar à primeira linha de convergência, talvez a do direito que, como parece ser o caso em algumas universidades americanas, incluiria a ciência política e incluiria a ciência da administração.

A terceira linha de convergência notada pelo documento da Unesco é a do estudo e ensino da administração pública com o estudo e ensino da administração privada (de empresas). Também aqui se pode falar de uma acomodação; embora mantendo-se autônomos, mesmo em escolas diferentes, cada um dos dois campos recorreu a experiências e noções do outro. Assim, por exemplo, os conceitos e métodos do movimento de racionalização do trabalho (especialmente dos anos 1920 a 1940) transcenderam o campo da administração privada em que primeiro tomaram forma; e o ensino da administração privada, por sua vez, beneficiou-se da experiência em problemas de orçamento obtida na prática e no ensino de administração pública. Mas as mesmas condições que têm favorecido essa acomodação e intercâmbio entre os dois campos, podem vir a ser estímulos a uma integração maior, porém mais problemática, entre administração pública e administração privada, aos níveis da prática, da pesquisa e do ensino. Entre tais condições, podem ser mencionadas a mobilidade de pessoal de alto nível entre as duas áreas da administração e a crescente importância das empresas públicas.

Ao nível da orientação geral do ensino, é de se esperar que essa convergência permita e estimule a crítica à perspectiva das ciências do comportamento, e da teoria das organizações, tomando-se por base a experiência política da prática e do ensino da administração pública em suas relações com sistemas jurídicos concretos, ligados a regimes, conjunturas e sistemas políticos históricos. E que, por outro lado, o formalismo e artificialismo jurídico que também fazem parte de tal experiência recebem a crítica sociológica que se torna particularmente frutífera quando supera um formalismo conceitual, também comum em ciências sociais, e consegue o nível da crítica teórica, integrando pesquisas empíricas relevantes ao assunto.

À quarta linha de convergência se referia o autor de um ensaio crítico sobre o conteúdo da

revista *Administrative science quarterly** em seus dois primeiros anos de publicação: reconhecendo os "sistemas cibernéticos e de controle como parte essencial de uma organização e também a informação como quantidade abstrata que conecta os 'papéis sociais' componentes das estruturas de organização formal ou informal", o autor considera o desenvolvimento de "modelos cibernéticos" como "um grande passo à frente" no estudo científico da administração; mas adverte que as "comunicações que realmente ocorrem nas organizações são mais do que 'informação' " no sentido acima, pois elas contêm "valores simbólicos e semânticos que só podem ser avaliados em relação com o imaginário rico e complexo das pessoas que ocupam os papéis sociais".

Tal restrição parece não ser considerada impedimento ao emprego de conceitos cibernéticos na reflexão de influente sociólogo contemporâneo sobre o papel da "cultura... como fonte de 'controle' de processos sociais" e, portanto, como elemento básico de sistemas sociais "ciberneticamente auto-regulados"***.

Seria de interesse para o assunto destes comentários verificar até que ponto e de que maneira as tradições e convergências aqui apontadas chegaram a influenciar as principais experiências de pesquisa e ensino de administração, em nível superior, vividas no Brasil, a partir de 1950, trabalho que transcende os limites da presente comunicação. As "Diretrizes" do Parecer do Conselho Federal de Educação referente ao Currículo Mínimo para o ensino superior de Administração (1966) expressam, em parte, aquelas experiências; mas são, principalmente, uma tomada de posição normativa.

As "Diretrizes" propõem "antes de tudo, fixar o sentido e os objetivos das ciências administrativas"; para isso contrastam a vertente européia, "eminentemente jurídica", e a perspectiva norte-americana "imposta pela ciência política e pelas ciências sociais;" parecem preferir a segunda, mas não sem crítica, o que resulta em uma tentativa de síntese. "A estrutura administrativa", diz o texto, "constitui fundamentalmente um problema político e jurídico, e apenas secundariamente um pro-

* K. E. Boulding, "Evidences for an administrative science", *A. S. Q.*, 3 (1), junho 1958.

** T. Parsons, "Theory in the humanities and sociology", *Daedalus*, Spring 1970, p. 516.

blema de organização formal", afirmação esta que implica em restrições à influência americana. Em outro parágrafo transparecem restrições à influência européia: "Procuramos superar a dicotomia que isola em campos paralelos as disciplinas jurídicas e as políticas, optando por uma estrutura marcada pela predominância destas, e completada pela contribuição daquelas, evitando que as ciências da administração se venham a enredar no imobilismo das formas legais". Assim, em relação à primeira linha de convergência mencionada em parágrafos anteriores desta comunicação, as "Diretrizes" parecem voltar-se para a orientação jurídico-normativa, desde que entendida como também política e não somente formal.

Essa tendência também caracterizaria a posição das "Diretrizes" como referência à segunda linha de convergência. Da sociologia e da psicologia espera-se a compreensão dos "condicionamentos psicossociais a que está vinculada" a administração, identificando "sob as estruturas formais da organização o fluxo de ações e reações — de pessoas e grupos — que intervêm na estrutura social e administrativa". Mas esta contribuição deve estar inserida no conjunto das "ciências jurídicas e sociais" que "fixam o quadro normativo a que se subordina a administração". Para participarem nessa orientação geral da prática e do ensino de administração, as ciências sociais deveriam estar mais "integradas". Mas não se trata de integração transplantada: "no caso de Administração, corremos o risco de fixar-nos sobre hipóteses transplantadas de fora para cá"; o "verdadeiro realismo doutrinário" necessita das ciências sociais que, "no currículo de Administração" estão destinadas a vinculá-la às "condições" do país, através do "método de pesquisa" considerado como "meio de elaboração criadora".

Com referência à terceira linha de convergência apontada na presente comunicação, a preocupação com as condições particulares de cada país também aparece no texto das "Diretrizes". "São as condições reais vigentes nos vários países", diz o texto "que vêm determinando a convergência das duas linhas de administração" — a administração pública e a administração de empresas. Entre as razões

desta convergência, as "Diretrizes" se referem às que "integram num esforço comum, de forma igualmente progressiva, a ação do Estado e a das empresas, sobretudo nos países em desenvolvimento".

As "Diretrizes" não se detêm em pontos referentes às relações entre a teoria de sistemas (ou teoria de informação e controle), as ciências sociais e a estruturação de currículos de administração — relação estas que são mencionadas na presente comunicação como quarta linha.

Por outro lado, o texto das "Diretrizes" revela grande cuidado em imprimir à estrutura do currículo proposto, e à sua interpretação, uma orientação básica que permita e encoraje a prática do ensino de administração como parte integrante de um contexto jurídico e político concreto. "O currículo mínimo é apenas incoativo", diz o texto, "cabendo às Escolas completá-lo não só com matérias novas como também através de explicitação das matérias nele contidas"; mais importante do que uma "arquitetura curricular" é a "metodologia que desenvolve, dentro dos roteiros estabelecidos no plano de matérias, programas de trabalho vinculados às necessidades do meio...". Transparece em todo o texto a importância da perspectiva das ciências sociais — jurídicas e não-jurídicas — para a concretização dessa orientação básica das "Diretrizes". Tal orientação, diz o texto, convém "tanto à natureza do curso quanto a um país em expansão, como o nosso, em busca de modelos institucionais requeridos pela sua própria experiência...".

As referências e comentários da presente comunicação devem sugerir que a prática da administração, pública e privada, e de seu ensino em nível profissional superior suscitam não apenas questões de aplicação de subsídios das ciências sociais mas, principalmente, questões referentes à orientação básica da pesquisa e ensino de administração e, por outro lado, questões referentes a linhas de reflexão teórica das ciências sociais, e das relações dessas ciências entre si, ao nível de pesquisa, de ensino e de uma preocupação política e cultural mais ampla.

O ensino da Ciência Política no Brasil

BOLÍVAR LAMOUNIER, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

As notas que apresento a seguir apóiam-se em alguns supostos cuja explicitação se faz necessária desde o início. Em primeiro lugar, tomam como um dado a existência de uma “Ciência Política” diferenciada das demais disciplinas sociais, enquanto divisão acadêmico-institucional, enquanto aglutinação de certos interesses substantivos e enquanto “tradição” bibliográfica ou “estilo” de trabalho. Não me preocupa neste momento a validade dessa diferenciação em termos normativos ou epistemológicos. Pessoalmente, acho que essa diferenciação traz mais vantagens que desvantagens à organização institucional do trabalho em ciências sociais, mas, como disse, não é esta a questão que pretendo abordar nestas notas.

Em segundo lugar, não pretendo fazer um levantamento e muito menos uma história sistemática do que se faz e do que se tem feito no Brasil em termos de Ciência Política, mas tão somente indicar algumas tendências no âmbito dos programas novos de pós-graduação. Refiro-me aqui aos programas em nível de mestrado implantados durante os últimos dez anos. Uma característica desses programas, pelo menos no início, foi uma acentuação da diferenciação interdisciplinar, ou seja, uma acentuação dos componentes de “Ciência Política” no currículo, de preferência a uma formação geral, ou demasiado genérica, em Ciências Sociais. Obviamente, isto é uma questão de grau. Variações bastante perceptíveis se deram tanto entre diferentes centros como, e sobretudo, no tempo, observando-se nos últimos anos certo retorno a programas mais abrangentes e diversificados.

Infelizmente, não disponho de informações suficientes para compor um quadro evolutivo completo dos programas de Ciência Política. Um esforço neste sentido foi feito por Jorge Balán, em 1973, mas não chegou a ser publicado. Balán fez um levantamento mais ou menos exaustivo dos programas, da bibliografia, da formação acadêmica do corpo docente e da proveniência e destino dos alunos inscritos em programas de mestrado durante os anos de 1971 e 1972. A versão preliminar que

me chegou às mãos pareceu-me um trabalho utilíssimo, que deveria ser objeto não somente de publicação como também de aprofundamento e atualização periódica. É com o intuito de contribuir nesta direção que tomo a liberdade de me referir ao trabalho de Balán e a algumas discussões informais que em torno dele se estabeleceram por volta de 1974.

EM TORNO DE UM DIAGNÓSTICO

O diagnóstico de Jorge Balán, reduzido a uma expressão simples e talvez empobrecedora, pode ser resumido nos seguintes pontos:

1. Em comparação com os demais países da América Latina, as ciências sociais teriam alcançado no Brasil um nível bastante invejável de expansão quantitativa, de diversificação entre vários centros mais ou menos fortes, de institucionalização e profissionalização. Deixando de lado a questão da qualidade da produção intelectual, de avaliação obviamente muito difícil, existiria, segundo Balán, uma ciência social bastante desenvolvida, ou “profissionalizada”, no Brasil. E o que é mais interessante: essa institucionalização e profissionalização se deu no Brasil com grande rapidez se levarmos em conta o tardio desenvolvimento da estrutura universitária. Foi um processo que levou muitas décadas na Argentina e no México, por exemplo, e não mais que duas ou três no Brasil.

2. O desenvolvimento dos programas de pós-graduação durante os últimos dez ou quinze anos representou sob diversos aspectos uma *ruptura* com o passado, isto é, com a tradição de ciência social já existente no país. Um aspecto dessa ruptura foi precisamente a ênfase na Ciência Política, disciplina com menor tradição acadêmica e reconhecimento que a sociologia. Em outras palavras, a expansão dos programas de Ciência Política, que já era em si mesma uma ruptura, se processou além disso *através* de outras rupturas, tais como a diversificação dos centros (surgiram programas novos em Minas Gerais, no Rio de Janeiro, no Rio Grande do Sul, em Brasília); uma ruptura gera-

cional, visto que em quase todos os casos se estava abandonando a antiga tradição das escolas de Direito; e até mesmo uma mudança de orientação internacional, tornando-se mais freqüente a obtenção dos títulos pós-graduados nos Estados Unidos e menos freqüente no próprio país (como continuava a ser o caso da USP) ou na Europa.

3. Esse conjunto de circunstâncias estaria levando a um grande isolamento dos programas de Ciência Política, algo como um efeito de rejeição mútua em relação aos programas de formação sociológica, mais antigo e melhor estabelecidos.

Balán procura documentar este terceiro ponto — e é nele que desejo concentrar a atenção — examinando os cursos oferecidos, o material bibliográfico utilizado e até certo ponto os trabalhos realizados (teses de mestrado, por exemplo). A razão pela qual me parece útil discutir este ponto é que, ao lado de algumas críticas e advertências justíssimas, Balán expressa um ponto de vista global que é a meu ver equivocado. Cumpre acrescentar, para melhor esclarecer o alcance da discussão aqui proposta, que a opinião de Balán não é isolada, mas reflete um ponto de vista bastante freqüente. A diferença, e aí precisamente reside o mérito de seu trabalho, é que ele procura apoiar-se num trabalho de pesquisa e não apenas em juízos pessoais.

A crítica de Balán está centrada nos seguintes pontos: *a*) os programas novos dão excessiva ênfase às matérias instrumentais (metodologia de pesquisa, estatística etc.), ou pelo menos o fazem de maneira abstrata, desvinculada de investigações concretas; *b*) dão ênfase também excessiva, e não menos ritualística, às matérias teóricas que apresentam a armação conceitual básica das ciências sociais; *c*) os estudos de áreas específicas (teoria do desenvolvimento político etc.), em que pese sua intenção “comparativa”, raramente utilizam material bibliográfico brasileiro, sendo mais ou menos perfunctório o “capítulo brasileiro”, que às vezes incluem; e finalmente, *d*) os cursos que especificamente se referem ao Brasil, não somente denotam, segundo Balán, certo despreço pela utilização de material empírico, como, o que é mais grave, desconsideram quase por completo o acervo previamente acumulado, sobretudo nos anos cinquenta, em torno de temas clássicos da ciência social brasileira, tais como relações raciais, estratificação e estrutura ocupacional, comunidades

locais, migrações e problemas de população, empresários e sindicatos, e até mesmo a tradição de sociologia eleitoral da RBEP!

Começemos pelos pontos *(c)* e *(d)*, e que se referem à utilização de material brasileiro nos cursos de pós-graduação em Ciência Política. De um lado, existe aí uma grave imprecisão factual. A não ser pelo tema migrações e problemas populacionais, todos os outros itens foram objeto de revisão por parte de pessoas que estavam realizando cursos de pós-graduação no exterior. Essa revisão, como não podia deixar de ser, procurava reexaminar a evidência disponível, e às vezes a própria formulação dos problemas, numa perspectiva analítica mais próxima dos interesses tradicionais da Ciência Política. O curioso, diga-se de passagem, é que tais esforços foram muitas vezes criticados como irrelevantes, tornando-se necessário certo empenho por parte de seus autores para “vender” o tema aos colegas e aos próprios estudantes de pós-graduação. Sem qualquer intenção de personalizar este argumento, eu poderia citar o caso da bibliografia sobre relações raciais, na qual era praticamente ausente a problemática do comportamento político, e que foi revista nesta perspectiva por Amaury de Souza e pelo autor destas notas. Esse caso é instrutivo precisamente na medida em que, com efeito, não é de modo algum óbvia a relevância do tema, e não obstante *houve* uma tentativa de retomar e dar continuidade a um tema clássico dos anos cinquenta.

Outro exemplo igualmente instrutivo é o dos estudos sobre comunidades locais. Se alguma crítica cabe, no caso, é ao *excesso* de atenção que em certa época se deu a esta problemática, quer durante o período de estudos pós-graduados no exterior, no caso dos iniciadores dos novos programas, quer após sua volta, nos cursos que vieram a ministrar. Sem pretender um levantamento exaustivo, bastaria citar aqui trabalhos realizados por José Murilo de Carvalho, Antônio Octávio Cintra, Gáucio Soares e por mim. O tema foi inclusive objeto de teses de mestrado no Departamento de Ciência Política da UFMG e no Departamento de Sociologia da UnB.

A menção que faz Balán ao abandono da tradição de sociologia eleitoral é ainda mais grave, e ao mesmo tempo mais instrutiva, pois ela nos permite situar, além da imprecisão factual, tudo o que há de discutível em sua maneira de abordar os problemas e dificuldades confrontadas por aqueles que vêm tentando

institucionalizar a Ciência Política no Brasil. Desde logo, o Departamento de Ciência Política da UFMG fez realizar em 1965-1966 um *survey* de atitudes e comportamento político em Belo Horizonte. Foi com base nos dados gerados por esse projeto que Antônio Octávio Cintra elaborou seu estudo sobre "Os Partidos Políticos em Belo Horizonte: um Estudo do Eleitorado", publicado em 1968. Esse estudo não somente permanece como um dos melhores da sociologia eleitoral brasileira, como também constitui um imaginativo esforço no sentido de ampliar os quadros de referência dessa mesma sociologia. Note-se que essa ampliação foi tentada precisamente através de uma vinculação com algumas hipóteses clássicas da literatura que, segundo Balán, estavam sendo abandonadas: com os estudos previamente existentes sobre as migrações campo-cidade e a formação da classe operária, por exemplo. Seu ponto de partida é a hipótese segundo a qual o amorfismo político das massas urbanas brasileiras dever-se-ia à imigração recente, idéia muito acentuada na bibliografia brasileira dos anos cinquenta. Pessoalmente, creio que um dos defeitos do citado artigo de Antônio Octávio Cintra foi o excessivo tributo que pagou a esta preocupação clássica, em vez de voltar-se para fatores ligados diretamente à organização institucional dos partidos e ao próprio processo eleitoral, como tendem a fazer os cientistas políticos mais estritos ou mais ortodoxos.

É também necessário mencionar que esse trabalho de Antônio Octávio Cintra inspirou diretamente outros esforços de pesquisa, como por exemplo as perguntas sobre partidos incluídos em um pequeno projeto executado na PUC do Rio de Janeiro, em 1968/1969 e no *survey* realizado pelo Cebrap em Salvador, em 1971. É verdade que nenhum destes resultou em publicações e por esta razão não chegaram ao conhecimento de Jorge Balán. Mas é oportuno lembrar que o relativo abandono dos dados gerados por estes dois projetos coincidiu com o abandono quase absoluto dos estudos eleitorais — e aqui Balán está factualmente correto — entre 1970 e 1973. Com exceção do Rio Grande do Sul, onde se manteve certa continuidade; dos estudos sobre o poder legislativo realizados na UnB por Gláucio Soares e Sérgio Abranches, e do *survey* sobre representação política e relações elite-massa conduzido no Rio de Janeiro por Amaury de Souza e Peter MacDonough, é certo que o interesse por essa linha de estudos diminuiu consideravelmente no

período citado. E por que teria ocorrido tal diminuição? Nenhuma contabilidade dos fatores em jogo poderá pretender-se exaustiva se não começar pelo mais óbvio: a própria atmosfera política do país, que chegou nesse período a um dos pontos mais baixos de nossa história na desvalorização das instituições político-eleitorais e do sistema partidário. Essa circunstância é a meu ver tão óbvia que nos vemos obrigados a indagar por que insistiu Balán num estudo dos programas apenas a partir dos materiais que eles secretavam naquele momento, sem se perguntar sobre as circunstâncias externas que lhes iam impondo certa direção e certa seleção de alternativas.

Trata-se, em primeiro lugar, de uma visão ingenuamente "factualista", ingênua ao ponto de imaginar que uma "amostra" de dois anos nos sete ou oito então decorridos daria respostas satisfatórias a suas indagações. Os equívocos factuais ocasionados por esta metodologia já foram suficientemente indicados nos parágrafos anteriores. Mais importante, porém, é a completa desconsideração, senão dos "projetos" ou "intenções" alimentadas por aqueles que definiam e dirigiam tais programas, ao menos das *dificuldades* que eles iam encontrando no caminho. Dizendo-o de outra maneira: embora acentue o elemento de *ruptura* representado pela criação dos programas de pós-graduação em Ciência Política, o que naturalmente deveria levá-lo a pensar nas *resistências* (umas legítimas, outras não) que encontravam, Balán parece atribuir a esses programas um dinamismo exclusivamente endógeno, superior às próprias dificuldades decorrentes da situação política externa. O mínimo que se poderia dizer de um programa que insistisse cegamente na "continuidade da tradição" até mesmo diante de obstáculos tão formidáveis é que não estaria seguindo orientação muito lúcida...

O mesmo argumento pode ser oferecido em relação ao privilégio que os temas tradicionais ocupam no diagnóstico de Balán, a ponto de se tornarem o próprio *critério* utilizado para avaliar as tendências evolutivas da disciplina nos novos programas. Não lhe ocorre perguntar qual seria a melhor alocação dos recursos disponíveis: prosseguir indefinidamente os "estudos de comunidade local", simplesmente porque constituíam uma tradição prévia, ou introduzir, ainda que em nível abstrato, cursos de teoria contemporânea e de metodologia empírica, cuja deficiência há dez anos (para não dizer ainda hoje) ninguém questionava? Como

prosseguir uma tradição de estudos eleitorais: de uma maneira meramente *extensiva*, repetindo estudos cujo valor, *dadas as condições da época*, ninguém desconhece, mas que distam muitíssimo de responder às indagações contemporâneas? Parece-me possível, embora não seja esta a minha posição, questionar de maneira mais radical (isto é, em termos epistemológicos, com base numa distinta concepção da unidade e diversidade das ciências sociais) o desenvolvimento da Ciência Política em nossos cursos de pós-graduação, visto que esse desenvolvimento em pouco ou nada difere dos paradigmas internacionais. Invocar, porém, à guisa de critério, um suposto abandono dos “temas tradicionais” da sociologia brasileira é deixar-se envolver em uma série de graves equívocos.

PARA UM NOVO DIAGNÓSTICO

As considerações precedentes não tiveram como intenção afirmar que a Ciência Política brasileira se encontra no melhor dos mundos. Creio, pessoalmente, e posso afirmá-lo pelo menos no que diz respeito à parcela de responsabilidade que tive nos programas do Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro e da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, que a linha evolutiva, embora distorcida e mesmo alterada por dificuldades de toda ordem, não foi caótica. A pergunta básica que norteou o diagnóstico de Balán — quanto da produção brasileira em ciências sociais, especialmente resultados de investigações empíricas da sociedade brasileira, é utilizado na formação de cientistas sociais no Brasil? — pode ser respondida com relativa clareza se nos ativermos a esta definição mais exata do objeto estudado: os programas de pós-graduação na área de Ciência Política. A resposta é, a meu ver: *muito pouco numa primeira fase, bastante hoje em dia*. Antes de discutirmos se isto é bom ou mau, examinemos mais de perto a evidência. Embora não disponha de dados comparáveis aos coletados por Balán para os anos 1971-1972, parece-me ter havido nos últimos anos uma fase de “repliegue”, de retorno à programas menos concentrados no que convencional e estreitamente designamos como “ciência política”. No Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro é visível a expansão de uma área mais propriamente “sociológica”, não somente no que diz respeito ao estudo dos “clássicos”, como também a temas e autores estritamente contemporâneos. O curso de pós-graduação da PUC-SP foi desde o

início concebido como um programa “em ciências sociais”, com “áreas” em sociologia, antropologia e ciência política. Creio ser este o panorama geral, mas, como disse, não disponho de informação sistemática.

Voltemos porém à questão principal: quanto material produzido no Brasil ou a respeito do Brasil é utilizado nos cursos de Ciência Política? Trata-se, segundo me parece, de uma quantidade crescente. O importante, porém, é que já chegamos a um ponto em que a impropriedade da questão pode ser estabelecida com relativa clareza. O correto seria, a meu ver: existem suficientes investigações empíricas de temas brasileiros, não simplesmente para “alimentar” uma parcela razoável e crescente dos cursos de pós-graduação, mas para fazê-lo *sem prejuízo de uma formulação satisfatória das próprias questões teóricas básicas da disciplina*? O importante, creio, é que esta questão começa a comportar uma resposta positiva. Um estudo como o de José Murilo de Carvalho sobre “As forças armadas na Primeira República” (Cadernos DCP, UFMG, n.º 1) não é simplesmente um “trabalho empírico” sobre um “tema brasileiro”, mas é também ótima ocasião para se suscitarem questões teóricas básicas sobre as forças armadas como organização, sobre relações civil/militares e sobre padrões de intervenção militar na política. O livro de Gláucio Soares, *Sociedade e política no Brasil* oferece evidência empírica e sistematização teórica suficientes para uma discussão extremamente frutífera sobre a “expansão da cidadania” ou, como quer Fábio Wanderley Reis, a “expansão do mercado político”. Os trabalhos de Leôncio M. Rodrigues, F. Weffort e Maria Herminia T. Almeida, para não citar mais que estes três, sobre o movimento operário e a estrutura sindical, dão margem a diferentes interpretações que não se prendem simplesmente aos “fatos”, mas também a distintas armações teóricas a respeito das relações sindicato/sociedade. A “autonomia do político”, tema tão candente quanto difuso, pode ser focalizado em função de uma conjuntura concreta através de “A implantação do sistema oligárquico”, de Fernando H. Cardoso. A problemática clássica dos “pensadores” brasileiros do passado — homens como Alberto Tôrres, Oliveira Vianna, Nestor Duarte, Victor Nunes Leal, arrolados por Balán na categoria dos “ensaístas não empíricos” — pode ser retomada através de *São Paulo e o Estado Nacional*, de Simon Schwartzman; ou através de estudos mais estritamente inter-

pretativos, nos quais transparecem diferentes concepções sobre o papel da ideologia, de Wanderley Guilherme dos Santos e do autor destas notas. Citaria, finalmente, para não entender desnecessariamente esta lista de exemplos, a possibilidade de se examinar o próprio conceito de *crise política* em função das condições e da estrutura institucional vigente no Brasil até 1964 através dos trabalhos de Celso Lafer (*O sistema político Brasileiro*) e de Maria do Carmo C. Souza (*Estado e sistema partidário no Brasil*).

A lista é obviamente parcial, mas é também suficiente para documentar mais uma vez o que afirmei antes: a noção de *ruptura* com uma tradição prévia de ciência social brasileira, privilegiada por Balán, é obviamente pobre como fio condutor para um diagnóstico, e poderia ser substituída por esta outra: a ocorrência, na fase inicial de organização dos programas de pós-graduação, de um período nitidamente transicional, de "suspensão" mesmo, enquanto certo número de pessoas realizavam o feijão-com-arroz da assimilação de uma disciplina pouco desenvolvida no Brasil, de hábitos de estudo e pesquisa até certo ponto novos etc. Creio, porém, que uma avaliação mais sistemática poria em relevo uma expansão qualitativa e quantitativa que é recente e promissora.

Cumprir-me repetir, porém, a título de conclusão, que não é minha intenção sugerir que nossa Ciência Política esteja caminhando firme e lucidamente para o melhor dos mundos. Ao contrário, vejo um perigo real de que esse avanço, aliado a certo provincianismo, a certos cacotes ideologicamente motivados e, *last but not least*, ao declínio do apoio institucional e financeiro específico para a Ciência Política, conduza a um obscurecimento daquilo que, a meu ver, contribuiu decisivamente para os resultados alcançados até aqui: a formação teórica e metodológica geral.

REFERÊNCIAS

Abranches, Sérgio H. de — "O processo legislativo — Conflito e conciliação na política brasileira."

Tese de Mestrado — Universidade Brasília, 1973.

Almeida, Maria Herminia — "Sindicato: velhas estruturas, novos problemas". *Debate e crítica*. São Paulo, 1976.

Balán, Jorge — "Notas sobre los programas nuevos de posgraduación en ciencias sociales en el Brasil" (versão preliminar).

Cardoso, F. H. — "Implantação do Sistema Oligárquico: dos governos militares a Prudente/Campos Sales", in Boris Fausto, editor, *O Brasil republicano* (Difel, 1975).

Carvalho, José M. — "As Forças Armadas na Primeira República", *Cadernos DCP*, n.º 1, 1975; "Estudos de Poder Local no Brasil", *Revista brasileira de estudos políticos*.

Cintra, Antônio Octávio — "Os partidos políticos em Belo Horizonte: um estudo do eleitorado", *Revista DADOS*, n.º 5, 1968; "A integração do processo político brasileiro", in Balán, J. (editor) *Centro e periferia* (Difel).

Lafer, Celso — *O sistema político brasileiro* (Perspectiva, 1975).

Lamounier, B. — "Violence and economic development: towards a theory of change in Brazilian communities", UCLA, mimeo, 1966; "Raça e classe na política brasileira", *Cadernos brasileiros*, número especial sobre a Abolição, maio de 1968; "Formação de um pensamento político autoritário na Primeira República: uma interpretação", in Boris Fausto (editor) *O Brasil republicano* (DIFEL, 1977).

Reis, Fábio W. — *Political development and social class* (Ph. D. Dissertation, Harvard, 1974).

Rodrigues, Leôncio M. — *Trabalhadores, sindicatos e industrialização*. São Paulo, Brasiliense, 1974, 158 págs.

Soares, Gláucio — *Sociedade e política no Brasil* (Difel, 1974).

Souza, Amaury — "Raça e classe no Brasil urbano", *Revista de Adm. de empresas*, outubro de 1971.

Souza, Maria do Carmo C. — *Estado e sistema partidário no Brasil* (Alfa Omega, 1976).

Schwartzman, Simon — *São Paulo e o Estado Nacional* (Difel, 1975).

Santos, Wanderley G. — "Paradigma e história: a ordem burguesa na imaginação político-social brasileira" (mimeo, 1975).

Weffort, F. — *Sindicato e política* (USP, tese de livre-docência, 1971).

O ensino da Antropologia no Brasil

EDGARD DE ASSIS CARVALHO, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

O problema do ensino da Antropologia no Brasil vincula-se basicamente à significação da disciplina no conjunto das Ciências Sociais e à delimitação analítica de seu objeto. Concebida tradicionalmente como ciência que aspirava um conhecimento global das sociedades humanas, a Antropologia firmou-se como o estudo das sociedades não ocidentais, ágrafas e simples, caracterizadas pela primitividade. Essa delimitação do campo emperírico não se deu conta que a prática antropológica só se tornou possível a partir da dominação colonial e do desenvolvimento desigual das formações sociais em escala mundial.

Sob o ponto de vista teórico, evolucionismo e funcionalismo expressam as formas dominantes da organização social de suas épocas, correspondentes aos movimentos de expansão e consolidação coloniais. Calcado na ideologia vitoriana do século 19 e em pressupostos nitidamente eurocêntricos, o primeiro procurava ultimar classificação das sociedades humanas em etapas cada vez mais complexas, produtos de um desenvolvimento "natural". O segundo, fundado na "objetividade" da pesquisa de campo e nas garantias da observação participante, procurava mostrar as culturas como totalidades integradas por uma somatória de instituições e o colonialismo como um contacto entre culturas diversas. O conceito de cultura emerge como o centro maior do interesse antropológico, constituindo-se em um modelo global e totalizador, invariavelmente associado aos conceitos de estrutura, sistema, organização, funcionamento e processo.

Coube ao estruturalismo realizar um "deslocamento" do eixo tradicional da Antropologia empiricista. Ainda que não exclua o trabalho de campo, a análise estruturalista objetiva a pesquisa de estruturas profundas situadas ao nível do inconsciente, decorrência da capacidade inata dos seres humanos. Embora a *diversidade* continue a definir a unidade de observação, a pesquisa das estruturas invariantes passa a fundar o projeto antropológico, subs-

tituindo-se a razão objetiva por um conjunto de regras formais abstratas.

Distante dessas preocupações, passou-se a enfatizar os mecanismos de exploração econômica e dominação política que cercam as modalidades do contacto intersocietário, integrando a Antropologia a seu objeto de estudo as situações de dependência colonial e neocolonial. Dessa forma, procura-se destacar que a negação das sociedades diferentes, pela expansão do capitalismo, não se dá mecanicamente mas sim através de um processo progressivo em que a manutenção de determinadas relações comunitárias serve aos mecanismos de reprodução do sistema dominante. A Antropologia não se define mais pela diversidade, mas pela análise das modalidades de passagem de sociedades sem classes a sociedades de classes e pela construção teórica dos modos de produção que fundamentam formações sociais mais igualitárias.

Torna-se evidente, portanto, que essa postura teórica exige uma abordagem holística em termos de unidades sociais globais e de sociedades totais. Entretanto, não é suficiente afirmar que populações tribais, e camponesas ou rurais, se acham integradas em totalidades mais vastas, ou que processos sociais não-capitalistas atuam como formas de reprodução do capitalismo. Antes de mais nada, a tarefa da Antropologia consiste em desvendar os mecanismos que articulam a unidade de estudo antropológico tradicional à sociedade global, em descobrir relações mútuas e recíprocas, em analisar clivagens, conflitos e contradições imanentes às estruturas de classes, sobre as quais se constroem as relações entre índios e o restante da população, entre rural e urbano, entre línguas indígenas e língua nacional e, principalmente, entre trabalho baseado na cooperação e ajuda mútua e trabalho assalariado. Em síntese, trata-se de captar esses fenômenos enquanto totalidade histórica, objeto legítimo da teoria científica e da prática social.

No Brasil, o reflexo pedagógico dessas "fases" se faz sentir na forma pela qual as composições curriculares são estruturadas nas Faculdades de Filosofia, Ciências Sociais e Escolas de Sociologia e Política.

Nesse sentido, algumas programações procuram mostrar a Antropologia como síntese de diversas especialidades — antropologia física, etnologia, lingüística e arqueologia —, conhecimento e comparação de distintas formas de organização cultural de diferentes lugares e épocas. Outras enfatizam o caráter histórico-crítico da disciplina, destacando os aspectos cruciais que fundam a Teoria e os processos de mudança que cercam populações

indígenas e camponesas inseridas em redes de dominação locais e regionais.

Em nível pós-graduado, a especialização restringe-se basicamente à Antropologia Social, destacando os programas de Mestrado do Museu Nacional, Universidade de Campinas, Universidade de Brasília, Universidade de São Paulo e Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, com composições curriculares assemelhadas e produções teóricas próprias e diferenciadas, mas com objetivos que talvez converjam para a elaboração de uma teoria social voltada para a solução prática dos problemas quotidianos da vida concreta.

O ensino da Sociologia no Brasil

HELEIETH I. B. SAFFIOTI, Universidade Estadual Paulista.

O exame, ainda que ligeiro, da legislação sobre o sistema educacional brasileiro, revela uma preocupação bastante antiga com a profissionalização a nível de escolaridade média. A implantação das escolas técnicas de nível médio, entretanto, não representou a solução ideal na medida em que, já no texto legal, se patenteava a diferenciação da sociedade brasileira em classes sociais: escolas técnicas para os subprivilegiados e escolas com currículos voltados para os estudos universitários destinadas à elite social e econômica. A reprodução do sistema de classes sociais pelo sistema educacional evidenciava-se a nível dos textos legais.

A lei 5.692/71 vem eliminar justamente este problema da transparência, no texto legal, do fenômeno da reprodução acima aludido. Na verdade, a clientela dos cursos profissionalizantes apresenta a mesma estratificação sócio-econômica dos estudantes das escolas técnicas, diferenciando-se, portanto, dos que realizam estudos gerais com vistas à penetração na universidade, a julgar pelas informações de diretores de escolas de 2.º grau, já que nenhuma pesquisa foi realizada neste sentido. Mesmo porque, a implantação da reforma do ensino de 1.º e de 2.º graus é ainda muito recente no Estado de São Paulo. O importante a reter é o fato de que esta reforma preserva no sistema educacional a capacidade que este sempre teve de reproduzir o sistema de classes sociais. O que está em jogo aqui é o chamado processo de “democratização” da educação. Tendo tido início na década de 60, acentuou o processo de concentração da renda nacional, segundo revelam alguns estudos.

Para os propósitos desta discussão, todavia, interessa examinar, mais de perto, outro aspecto da lei 5.692/71. Com efeito, esta lei gerou a necessidade premente da regulamentação de um novo tipo de ensino universitário, que estava sendo cogitado há vários anos e que teria por função formar profissionais capazes de realizar as novas concepções do ensino de 1.º e 2.º graus.

A Resolução n.º 1, de 17 de janeiro de 1972, do Conselho Federal de Educação, estribada no que dispõe o artigo 26 da lei 5.540, de 28 de novembro de 1968, já concebe a possibilidade de realização de licenciaturas curtas ou de 1.º grau em:

1. Ciências, com 1.500 horas de atividades e com integralização a fazer-se no mínimo de um ano e meio e no máximo de quatro anos letivos;

2. Estudos Sociais, Letras e Pedagogia, com 1.200 horas de atividades e com integralização a fazer-se no mínimo de um ano e meio e no máximo de quatro anos letivos.

À medida que se vai regulamentando a lei 5.692/71 através de resoluções, pareceres, portarias, indicações, vai se tornando cada vez mais premente a necessidade da formulação de normas para presidir a organização dos cursos de licenciatura.

A indicação 22/73, do CFE, contém princípios e normas para disciplinar a formação do magistério destinado ao ensino de 1.º e 2.º graus no propósito de “particularizar e regulamentar os dispositivos-chave da lei 5.692, de 11.8.1971, para levar adiante, facilitar e acelerar o processo em marcha de sua implantação”. Os princípios da continuidade e da terminalidade dos estudos são, mais uma vez, consagrados pelo legislador. Vinculada a esta idéia está a concepção da educação escolarizada em termos de um núcleo comum de estudos para cada conjunto amplo de áreas do conhecimento: Ciências, Estudos Sociais e Letras.

Obviamente, era necessário um novo tipo de professor para enfrentar o esquema de organização do ensino de 1.º e 2.º graus. É o próprio Conselheiro Valnir Chagas que especifica, no que tange a esta questão, a função da universidade, ou seja, “o preparo de um profissional que circule facilmente do 1.º ao 2.º grau e, ao mesmo tempo, da “atividade” à “disciplina” passando pela “área de estudo”. Apoiamo-nos, para tanto, em um só princípio — o da polivalência — encarado em duas

direções, “a polivalência vertical”, decorrente de cursos planejados segundo o disposto no art. 23 da Lei 5.540/68, com “modalidades diferentes quanto ao número e à duração”; e a polivalência horizontal, resultante de uma globalidade decrescente em que, até o nível da licenciatura de 1.º grau se prepare o docente de atividades e áreas de estudo, e daí por diante, num jogo discriminativo de habilitações, se forme o mestre de disciplinas”. (Indicação 22/73)

A Indicação em pauta permite uma série de comentários.

1. Valnir Chagas refere-se à necessidade da expansão das licenciaturas de 1.º grau, que datam de 1964, a fim de formar recursos humanos que estariam sendo exigidos pelo mercado de trabalho. Menciona especificamente seu receio de um “agravamento inevitável do déficit já existente” (grifado no original) de profissionais para o exercício do magistério de 1.º e 2.º graus.

O que, no mínimo, se poderia dizer a este respeito, é que o Brasil, dada sua profunda diferenciação em termos de níveis sócio-econômicos, não apresenta um mercado de trabalho homogêneo para professores de escolas de 1.º e 2.º graus. A observação e os recentes concursos realizados pela Secretaria da Educação indicam que o Estado de São Paulo não tem necessidade de apressar a formação de recursos humanos para o magistério pré-universitário através das licenciaturas curtas.

2. É sobejamente conhecido o fato histórico da especialização à medida que a ciência avança. Para ficar apenas no terreno quantitativo, foram de tal ordem as conquistas da ciência em geral que a polivalência só é concebível aliada estreitamente à superficialidade dos conhecimentos. Assim, o exercício do magistério de 1.º e 2.º graus por parte de profissionais polivalentes mina o processo educacional pela base, comprometendo, portanto, os níveis universitário e pós-universitário de ensino.

3. A universidade não desempenha exclusivamente a função de formar profissionais para os níveis inferiores de ensino. A própria lei 4.024, de 20/12/61, que fixa as diretrizes e bases da educação nacional, em seu artigo 66, define o papel da universidade brasileira de modo muito mais abrangente: “O ensino superior tem por objetivo a pesquisa, o desenvolvimento das ciências, letras e artes, e a

formação de profissionais de nível universitário.

Tudo indica, portanto, que a reforma universitária de 1968, que propunha a implantação dos institutos, sofreu profundo desvio. A proposta agora é outra: a transformação das faculdades de filosofia em escolas normais, onde se ministram licenciaturas curtas e plenas em todas as áreas de conhecimento cultivadas naquelas faculdades. Com efeito, a Indicação n.º 23/73, que reformula e amplia a de n.º 22, reestrutura todas as licenciaturas das faculdades de filosofia segundo os novos princípios da terminalidade e continuidade dos estudos universitários. Concebe cinco áreas de conhecimento nas quais se organizam as licenciaturas de 1.º grau, superpondo a estas as habilitações específicas. São as seguintes as áreas mencionadas:

1. Curso de Ciências — Matemática, Física, Química, Biologia;

2. Curso de Estudos Sociais — Geografia, História, Organização Social e Política do Brasil, Educação Moral e Cívica;

3. Curso de Letras — Língua Portuguesa, Língua Estrangeira Moderna, Língua Clássica, com os necessários estudos literários;

4. Curso de Educação Artística — Música, Artes Plásticas, Desenho, Artes Cênicas;

5. Curso de Educação Física — Ginástica e Atletismo, Técnica Desportiva, Recreação.

Com esta transformação, “O lucro final é a redução a cinco cursos do que antes se fazia em mais de 15” (Valnir Chagas, Indicação 23/73.)

Cabe indagar sobre o significado da palavra lucro. Parece que o lucro é representado pela poupança de recursos financeiros. Assim entendido, o lucro seria não apenas aceitável, como também aconselhável, desde que não comprometesse a qualidade da educação. Todavia, o resultado desta redução não é e não será a boa qualidade da educação. A implantação das licenciaturas curtas e sobre elas as habilitações que conduzem às licenciaturas plenas fornecem um tipo de educação totalmente diverso daquele oferecido pelas tradicionais licenciaturas. Sobre uma base frágil não se pode construir nada de sólido.

No caso específico das Ciências Sociais, o novo esquema das licenciaturas provoca um fracionamento extremo dos conteúdos a serem ministrados. O núcleo das licenciaturas tradi-

cionais de Ciências Sociais já é compósito, ou seja, reúne Antropologia, Ciência Política e Sociologia. Pelo novo esquema das licenciaturas com dupla terminalidade, estas ciências aparecem sob o rótulo bastante suspeito de Fundamentos das Ciências Sociais, devendo coexistir com a História, a Geografia, a Filosofia. A Ciência Política ainda é contemplada sob o título de Organização Social e Política do Brasil, o mesmo não ocorrendo com Sociologia, que não chega sequer a ser mencionada na licenciatura de Estudos Sociais. De forma bem diferente pensava-se em 1962, quando o Conselho Federal de Educação emitiu o Parecer n.º 293 onde se lê: "qualquer curso de Ciências Sociais deve ter por objetivo preparar o aluno para a análise crítica à realidade, como condição indispensável para uma atuação eficaz no processo social", mencionando-se a sociologia em primeiro lugar dentre as disciplinas básicas do currículo mínimo. A consciência crítica passou a ser dispensável para o exame da realidade nacional.

Como a Sociologia não é uma ciência unificada, unívoca, constituindo-se este seu traço em reflexo da própria realidade que a engendra — a sociedade ocidental — não se pode falar de uma Sociologia, mas de várias. O ensino democrático exige, pois, que se aborde a realidade social de várias perspectivas, ou seja, que se ensinem as várias Sociologias, deixando ao estudante a oportunidade de optar pela abordagem que se revelar, para ele, a mais adequada. Numa licenciatura curta de Estudos Sociais torna-se impossível a apresentação de múltiplas abordagens de um mesmo problema, por duas razões fundamentais. Em primeiro lugar, as disciplinas nucleares das licenciaturas tradicionais de Ciências Sociais, rotuladas de Fundamentos das Ciências Sociais na licenciatura curta em Estudos Sociais, devem dividir o tempo destinado à formação do professor de escola de 1.º grau com as outras ciências, antes objeto de licenciaturas específicas. Nesta divisão, obviamente, a Sociologia tende, pelo próprio fato de vir englobada com outras ciências em Fundamentos das Ciências Sociais, a ser contemplada com um número muito menor de horas do que a História e a Geografia. Isto não significa que não se atribui valor aos estudos históricos e geográficos. Trata-se de especificidade de formação intelectual. Neste sentido, a formação em Ciências Sociais exige que a História e a Geografia figurem como disciplinas subsidiárias. Em segundo lugar, o esquema da licenciatura de 1.º grau em Estudos

Sociais impede o professor universitário de se deter nas várias abordagens de um mesmo fenômeno porque, dadas as exigências do ensino de 1.º grau, é preciso cobrir uma ampla área de conhecimentos. A licenciatura de 1.º grau em Estudos Sociais impõe, portanto, o uso do manual, o dogmatismo, a uniteralidade, a superficialidade.

Poder-se-á argumentar sobre a pequena importância deste fato, uma vez que:

1. o ensino de primeiro grau não exige tanto de seus docentes;

2. a formação profissional dos docentes de escolas de 1.º grau poderá ser recuperada através da licenciatura plena.

A experiência vivida mostra que se trata de duas falácias. Os conhecimentos obtidos pelos portadores de diploma de licenciatura de 1.º grau em Estudos Sociais são superficiais e, nesta medida, deformados. O ensino ministrado por este professor só pode, por conseguinte, ser deformante. A outra ilusão diz respeito à possibilidade da construção de uma formação sólida sobre uma base frágil. O estudante de licenciatura plena torna-se irrecuperável em pouco tempo. Haveria que retomar os estudos pela base e percorrer todo o caminho novamente, mas penetrando pelos meandros das diferentes concepções dos mesmos fenômenos, procedimento inviável no esquema das habilitações.

Assiste-se, pois, com a nova legislação sobre as licenciaturas, ao sepultamento do ensino da Sociologia. Poder-se-á alegar que o ensino da Sociologia é resguardado na pós-graduação. Ai, duas alternativas se colocam: ou o hiato entre a graduação e a pós-graduação será tão grande que dará origem aos cursinhos preparatórios para os estudos pós-graduados ou o nível da pós-graduação cairá violentamente. No segundo caso, trata-se da destruição total da universidade; no primeiro, da preservação de uma universidade mutilada, ministrando cursos de pós-graduação de bom nível a estudantes ricos.

Ademais, as transformações em curso não repercutem apenas no ensino; têm consequências em todas as esferas da atividade humana. A pesquisa sofrerá amputações severas justamente num momento em que o pensamento sociológico brasileiro já conquistou na Europa e nos Estados Unidos o estatuto de ciência respeitada. A sustação deste processo de produção nacional de tecnologia social representa sim-

plesmente uma volta ao colonialismo mais tacanho. A investigação sociológica no Brasil, voltada que é para a realidade nacional, tem ampliado e aprofundado a compreensão desta realidade. E estes conhecimentos científicos estão publicados, portanto, disponíveis para a construção de planos de intervenção racional na realidade social de modo a torná-la menos injusta e contraditória.

O desenvolvimento de um povo não se mede somente por sua tecnologia material. A cultura humanística constitui o grande contrapeso do gigantismo desenvolvido pelo homem ao dominar a natureza, permitindo-lhe viver a vida na riqueza de dimensões que ela apresenta.

Sobre o conceito de sociedade primitiva

AMADEU J. DUARTE LANNA, Universidade de São Paulo.

Às vésperas do centenário de publicação de "A Sociedade Primitiva" de Morgan propor como tema de comunicação algumas reflexões sobre a importância e significação teórica do conceito de sociedade primitiva parece uma tarefa desprovida de qualquer sentido de atualidade. Entretanto, os trabalhos de Lévi-Strauss em 1952 e os de Clastres e Lathrap em 1968 revelam que, após décadas de estudos, não se tinha uma noção suficientemente clara da própria noção de primitivo. De outro lado, embora formulada precocemente a noção de sociedade primitiva não foi discutida de modo sistemático nem as suas implicações devidamente desenvolvidas. O meu objetivo, no momento, consiste em esclarecer como a formulação precisa da noção de sociedade primitiva permite compreender o processo de transformação das sociedades indígenas do Brasil e, inclusive, como estas reflexões têm uma importância prática na medida que permite medir os efeitos e resultados dos contactos da sociedade nacional com as sociedades tribais.

A noção de sociedade primitiva na formulação de Morgan envolve ao mesmo tempo duas ordens de realidade diversas, embora relacionadas. É um tipo de formação social específica e um estágio de desenvolvimento social. Esclarecer o conceito significa estabelecer qual o conteúdo deste tipo de formação social e desvendar a articulação da sociedade primitiva com as formações sociais ulteriores. Não é difícil perceber que nesta discussão estão envolvidas as questões mais amplas da Antropologia. E não deixa de ser surpreendente constatar que os antropólogos se tenham contentado por tanto tempo com uma noção vaga e imprecisa do que se deve entender por uma sociedade primitiva.

O pensamento funcionalista reduziu muito o limite e alcance da discussão sobre este conceito uma vez que o considerou fruto de uma

perspectiva evolucionista que cabia criticar. Relegou a um segundo plano a articulação entre a sociedade primitiva e as sociedades complexas e, devido ao seu empirismo radical, contentou-se em inventariar as características peculiares que permitissem delimitar as fronteiras no interior das quais se confinasse a sociedade primitiva. Este tipo de sociedade é definido, então, por ter um baixo nível tecnológico, ser iletrada, possuir uma organização social baseada em pequenos grupos, onde as relações de parentesco e localidade são muito importantes, falta especialização econômica, os grupos sociais desempenham funções múltiplas etc.

Recentemente, a noção de sociedade primitiva é retomada e a sua discussão aprofundada. De um lado, pelos antropólogos de inspiração marxista. Procurando utilizar o conceito de modo de produção e preocupados com uma periodização da história, estes autores evocam o pensamento de Morgan e as sugestões nele contidas. De outro lado, os autores que procuraram integrar na reflexão antropológica as contribuições da ciência econômica, política, sociologia etc., foram levados a repensar a sociedade primitiva como uma formação social que possui peculiaridades estruturais diversas da sociedade complexa. Sociedades sem economia de mercado, sem organização política estatal, sem estratificação social etc. Estes antropólogos retomaram as sugestões dos sociólogos clássicos e procuraram aprofundar uma discussão teórica que a multiplicação de investigações empíricas no momento permitem.

A própria gênese do conceito de sociedade primitiva pressupõe um confronto deste com o de sociedade complexa. No pensamento dos sociólogos clássicos a sociedade primitiva é o que não é a sociedade complexa. São assim, realidades antinômicas. Não são consideradas como estágios de um desenvolvimento social que pressupõem uma passagem histórica de um tipo a outro. Pelo contrário, sociedade primitiva e sociedade complexa se opõem e, entre

* Simpósio realizado durante a 28.ª Reunião Anual da SBPC, em Brasília, julho de 1976.

elas, existe uma descontinuidade lógica. Pensar a articulação de uma sociedade sem classes com uma sociedade classista, uma sociedade sem estado com outra com uma organização estatal etc., constitui-se num problema teórico relevante e elaborar uma teoria destas relações passa a ser um objetivo prioritário da Antropologia moderna.

Uma questão que tem merecido uma atenção especial diz respeito à diversidade do movimento histórico da sociedade primitiva e o da sociedade complexa. Sociedades com história mais e menos cumulativa. A sociedade complexa se define na medida que integra a mudança. O seu vir a ser constitui-se na negação do seu ser. A sociedade primitiva possui uma história, mas que é vedada na maior parte das vezes a ser detectada pelo observador de fora. E quem vive no interior desta sociedade porque falta a ele as técnicas de registro cultural, não tem condições de assumir uma consciência de sua historicidade. É como se o passado e o futuro se encontrassem no presente. A sociedade primitiva é uma sociedade com uma história pouco cumulativa, isto é, ela tende a se repetir semelhante a si própria. Não integra a mudança, e a mudança implica na sua destruição. É como se a história não tocasse na sua estrutura. A inércia histórica se explica assim pela rigidez de sua estrutura.

Estas questões se já tinham sido parcialmente elaboradas pelos sociólogos clássicos, são desenvolvidas pelos antropólogos modernos. Estes, entretanto, não se contentam em estabelecer os paralelos entre a sociedade complexa e a primitiva, mas em determinar o conteúdo da realidade específica desta última. Não se limitam a fazer o inventário das características distintivas, mas estabelecer as determinações fundamentais deste tipo de formação social e evidenciar o modo de sua articulação.

Para compreendermos de modo mais claro a inércia histórica determinada pela rigidez estrutural e as articulações dos elementos constitutivos da sociedade primitiva consideremos um exemplo, embora fragmentário: o da demografia tribal e sua relação com o sistema de parentesco. Os dados demográficos indicam que as populações tribais brasileiras vivem reunidas em grupos locais de dimensão limitada. E as evidências indiretas revelam que os contingentes demográficos permanecem mais ou menos constantes. O estudo dos modelos das organizações sociais das tribos indígenas do Brasil revelam que tais sociedades só podem

operar com contingentes em torno de duzentos indivíduos. As sociedades tribais sofrendo um processo de crescimento vegetativo, experimentar pressões demográficas que dificilmente poderiam ser solucionadas através da fragmentação do grupo por um processo de cissiparidade. Desse modo, conclui-se que a distância entre o limite máximo, determinado pela ecologia, e o limite mínimo, determinado pelo modelo da organização da sociedade, é muito pequena. Encurralados nessa situação ambígua de, ao mesmo tempo, não poder nem ampliar nem reduzir o seu contingente populacional, as sociedades tribais engendram soluções com o objetivo de manter as populações relativamente estáveis. Entre as soluções mais eficientes e, ao mesmo tempo, a mais difundida, é uma rígida política de controle da natalidade. Esta política, formulada de modo inconsciente assume feições várias nas diversas tribos. Entretanto, o seu objetivo é sempre o mesmo: construir uma sociedade com limites demográficos reduzidos e preservá-los intactos através dos tempos.

O padrão demográfico tribal articula-se ao sistema de parentesco. Sabe-se que uma sociedade muito reduzida demograficamente e praticando uma endogamia de grupo local, poderia ao cabo de poucas gerações terminar no estabelecimento de nexos conjugais entre pessoas muito proximamente aparentadas. Isto significaria romper a proibição do incesto e as lições da Antropologia nos ensinam que o tabu do incesto é uma "lei de ferro" das sociedades humanas. Percebe-se, desse modo, que as vicissitudes de uma sociedade tão reduzida demograficamente só podem ser superadas se ela conseguir elaborar mecanismos que possibilitem a circulação de mulheres num círculo tão amplo quanto possível nos limites estreitos da endogamia de grupo local. O sistema de parentesco deve ser compreendido como um modelo elaborado para exorcisar o fantasma do incesto que ronda e ameaça tais sociedades. E tudo indica que este objetivo atinge muitas vezes o próprio nível de consciência tribal. A teoria indígena da organização social consiste, muitas vezes, em construir representações sociológicas, diversas do funcionamento real das instituições, nas quais o perigo da relação incestuosa é afastado definitivamente. A representação de instituições exogâmicas, cujo modelo clássico é o dualismo, é o melhor exemplo.

Compreendida nestes termos, a sociedade primitiva só pode ser vista como um modelo,

extremamente engenhoso, produto da imaginação criadora que foi capaz de construí-lo como um maquinismo capaz de funcionar satisfazendo de modo pleno as finalidades que o grupo, enquanto grupo, se propõe. E é neste

sentido que podemos evocar a noção de "sociedade fria" que Lévi-Strauss define como sociedades que produzem pouca entropia e têm a tendência a se manter indefinidamente no seu estado inicial.

O índio e a sua imagem do mundo

(SUBSÍDIOS PARA UM ESTUDO DE ANTROPOLOGIA SIMBÓLICA)
— ESBOÇO PRELIMINAR —

EGON SCHADEN

Ao contrário do que se tem feito intensivamente com relação a outras partes do mundo, com maior ou menor êxito, poucos antropólogos procuraram até hoje analisar as de tribos brasileiras, e sul-americanas de modo geral, em termos dos sistemas simbólicos que constituem. Entretanto, ao que parece, não poucas das pesquisas realizadas nas últimas décadas poderiam fornecer-nos os elementos essenciais para um tratamento mais amplo dessa temática, quer do ponto de vista idiográfico, quer do comparativo.

Não é, por certo, necessário insistir no alcance dos postulados da antropologia simbólica para uma interpretação menos superficial do que há de comum nas culturas indígenas e do que as distingue entre si e de outras, e isso em qualquer perspectiva teórica, inclusive para eventuais desígnios de reconstrução histórico-cultural.

A maior dificuldade que por ora se enfrenta é a falta de uma metodologia satisfatória, efetivamente adequada à discussão dos problemas específicos e que, é claro, não há de ser nem estritamente “culturológica”, nem “sociológica” ou “psicológica”, pouco importa o sentido que a essas caracterizações um tanto sumárias queiram dar os representantes de tal ou qual escola. Há de ser, salvo melhor juízo, uma metodologia que, servindo-se de princípios teóricos do funcionalismo, do estruturalismo e de quantas correntes ortodoxas possa haver, e sem comprometer-se com nenhuma delas, proporcione ao antropólogo instrumentos úteis para analisar e compreender as culturas enquanto sistemas simbólicos, que todas naturalmente o são, mas, deixemo-lo bem explícito, cada qual à sua maneira.

Mas fique explícito também, e desde logo, que o objetivo deste trabalho não é o de propor diretrizes para algum método, o que seria muito pretensioso, já que para tal necessi-

tariamos de uma discussão sobre base mais ampla. O que se tenciona é tão somente lembrar, exemplificando-os, alguns aspectos das culturas indígenas que se deverão ter em mente em estudos dessa natureza. Nada mais se pretende, enfim, do que estimular jovens antropólogos brasileiros a darem a devida atenção aos problemas que o assunto implica, uns de ordem geral e teórica, outros especialmente relativos a culturas indígenas sul-americanas. Desses numerosos problemas, alguns poucos serão aqui mencionados e também discutidos, ainda que sumariamente, à luz de dois ou três exemplos significativos.

Escolhendo-se o conceito de imagem do mundo como ponto de referência para abordar o tema, sobremodo complexo, da integração simbólica das culturas, é preciso que o tomos em sentido bastante amplo. O interesse em primeiro lugar é caracterizar a imagem do mundo de uma tribo qualquer de maneira tal que ela nos ajude a descobrir os princípios integrativos do respectivo sistema sócio-cultural em seu peculiar modo de ser. E isto, preliminarmente, no sentido em que os próprios membros do grupo o compreendem e vivem, e também, num segundo momento, no conjunto de significados que ele nos revela em termos científicos. É evidente que uma coisa depende da outra e com ela deve coadunar-se. Mas também se há de ter o cuidado de não confundi-las.

Vista como um todo, a visão indígena do mundo nos apresenta, em geral, um misto singular, mas altamente expressivo no modo de sua constituição, de experiências reais (o “mundo objetivo”) e de projeções do mundo psíquico, que se configuram num todo coerente como organização mental do espaço físico, espelho da organização do “espaço social”, confundindo-se, a partir de certo ponto, com a cosmologia e a cosmografia, estas, por sua vez, retratos da organização do “espaço mítico-religioso”. Há, assim, todo um sistema que

abrange as dimensões geográfica e cosmológica, social e mítico-religiosa. Compreende, ademais, a organização do tempo, que, além de ser uma experiência psíquica — ou, em termos ingênuos, “objetiva” e “real” — é também uma vivência social e religiosa, impregnada de maior ou menor misticismo, de acordo com o *ethos* da cultura. Da mesma forma, o sistema inclui, por fim, as idéias relativas à natureza humana, em seus aspectos biológicos e psíquicos, bem como às plantas, aos animais e a todos os fenômenos da natureza visível e invisível, sempre com referência ao complexo das concepções e crenças mágicas, míticas e religiosas existentes na tradição tribal. Destarte, se fundem, ou melhor, se estruturam numa visão única e indivisível conhecimentos e conceitos sobre o aqui e o lá, o aquém e o além, o ontem, o hoje e o amanhã, o eu e o não-eu. E tudo isto não de maneira estática, mas dinâmica, num permanente processo dialético.

Em 1940, o *Journal of American folklore*, de Nova York, publicou três pequenos ensaios sobre a imagem do mundo de três tribos sul-americanas. Os autores eram antropólogos da Columbia University: Irving Goldman, William Lipkind e Charles Wagley. O primeiro escreveu sobre “Cosmological beliefs of the Cubeo Indians”, o segundo sobre “Karajá cosmography” e o terceiro sobre “World view of the Tapirapé Indians”. Os trabalhos se baseavam todos sobre material colhido pelos autores em pesquisas de campo. Sobre a tribo que estudou, Goldman publicou mais tarde, em 1963, o livro *The Cubeo. Indians of the north-west Amazon*, cuja leitura é útil para uma compreensão melhor dos dados que apresenta em seu artigo. Os índios que estudou habitam a região fronteira do Brasil com a Colômbia, ao passo que os trabalhos de Lipkind e Wagley tratam de grupos indígenas do Brasil Central.

No mesmo ano em que saíram aqueles três estudos pioneiros, Herbert Baldus publicou na *Revista do Arquivo Municipal*, de São Paulo, um artigo sobre “O conceito do tempo entre os índios do Brasil”, em que aborda este assunto principalmente com referência aos antigos Tupi da costa e aos Tapirapé, entre os quais trabalhara. Retoma-o depois em sua monumental obra monográfica *Tapirapé. Tribo Tupi do Brasil Central* (São Paulo, 1970), em que também trata do “universo tapirapé” no contexto de uma exposição sistemática das idéias religiosas da tribo. Dois anos antes havia publicado na revista *Anthropos*, da Alemanha, um trabalho comparativo, em que focaliza a “es-

trutura vertical e horizontal na imagem do mundo religiosa de índios sul-americanos”. Embora se restringisse, nesse artigo, a um aspecto apenas dentre os que nos interessam aqui, o autor deixa entrever, além de outras coisas, a existência de um acervo considerável de dados que nos podem dar uma compreensão melhor da cosmologia em suas relações com a organização social e as concepções religiosas de muitas tribos índias sul-americanas.

Não é aqui o lugar de passar em revista as respectivas publicações, o que nos levaria longe. Lembre-se, de passagem, que, apesar da atenção cada vez maior despertada pelo assunto, a maioria dos autores o trata de maneira marginal, de sorte que os informes que apresentam, além de fragmentários, costumam aparecer incidentalmente de permeio com a discussão dos que se referem a outros problemas. Seria, pois, necessária uma intensiva busca bibliográfica para fazer um levantamento razoavelmente completo.

Entre os grupos sobre os quais possuímos, no tocante ao simbolismo inerente à imagem do mundo, estudos em maior profundidade, estão os Desâna, grupo tupiano da fronteira com a Colômbia, e os Kamayurá, tribo tupi do alto Xingu, no Brasil Central. Da imagem e interpretação do mundo entre os primeiros se ocupou especialmente Gerardo Reichel-Dolmatoff; entre os segundos, Mark Münzel.

A contribuição de Reichel-Dolmatoff, por certo a que se distingue por uma análise teórica em maior profundidade, merece aqui ser encarada em primeiro lugar, ainda mais porque o autor tornou a desenvolver alguns aspectos do tema num livro posterior, dando-nos assim, uma compreensão realmente notável. Com justa razão, os seus estudos são tidos na conta de modelares, não só quanto à consistência do material e de sua interpretação, mas também por obedecerem a um paradigma de utilidade para outros pesquisadores.

A fim de dar uma idéia da estrutura que na mente dos Desâna tem o “cosmos amazônico”, como o denomina Reichel-Dolmatoff, seguimos de perto a exposição feita por Maybury-Lewis num comentário intitulado “What goes on in the heads of the Indians about what goes on in the universe”.

Para os Desâna, o Sol existiu desde sempre, sob a forma de uma luz amarela, mas ao mesmo tempo como princípio criador do cosmos, que teve a sua origem nessa luz. Dividia-se o cosmos em três planos: um superior, o solar;

outro, no meio, o terrestre; e um terceiro, abaixo da terra. Neste último, que é o Paraíso, o Sol foi viver após a criação, mas continuou a prover de energia a todo o cosmos por meio do Sol visível, que lhe dá calor, luz e fertilidade. A noção de fertilidade, que é central, encontra a sua expressão em símbolos explicitamente sexuais. Imagina-se o princípio criador como espécie de *axis mundi*, como que um osso tubular que une as partes do Universo e, simultaneamente, como tubo fálico que une os níveis do cosmos em cópula permanente. Por sua vez, a Via-Láctea é um enorme fluxo seminal entre o plano solar superior e o intermediário, que é a Terra. Em seus níveis sucessivos, todo o cosmos é masculino e feminino, em interrupta fecundação, isto é, de transmissão de energia. Tudo isso se exprime em complexos de símbolos e de rituais, em todo um código cósmico de cores e mil e uma outras coisas, enfim, de tudo o que existe.

Dois conceitos contrários, o da energia e o da imutabilidade, se combinam no esquema para conferir ao cosmos o caráter de um equilíbrio dinâmico, idéia da qual decorrem valores éticos e normas práticas. Para os Desâna, que se vêem como parte de um todo, o seu bem-estar depende do bom funcionamento do sistema. Os homens e os animais participam da energia, os caçadores estão sujeitos a proibições sexuais, para não porem em perigo a necessária reprodução dos animais de caça. "Assim", resume Maybury-Lewis, "a vida é uma questão de reciprocidade e de intercâmbio entre homem e mulher, entre homens e outros grupos de homens, entre a humanidade e o mundo não-humano, entre princípios complementares em todo o cosmos, tudo isto expresso no idioma simbólico do macho que fertiliza a fêmea, e tudo isso num equilíbrio harmônico que a religião tucano procura exprimir e que o ritual tucano procura manter."

O esquema total é em tal medida coerente, harmônico e perfeito em sua composição que Maybury-Lewis o considera "invejável" para os que a ele são estranhos, mas anota também suspeitas quanto a sua fidelidade absoluta, porquanto pode haver interferido em sua descrição algo das preocupações específicas do cientista, entre as quais o estudo da expressão cultural da repressão sexual, e também porque os dados foram obtidos com um só informante, sem dúvida excepcional. Acrescente-se que, depois, foram confirmados por meio de pesquisas de campo.

Contra as dúvidas, em princípio evidentemente justificadas, se pode talvez agüir que a coerência de uma imagem do mundo é muito mais fácil de atingir-se em culturas tribais do que no mundo civilizado, ele próprio marcado por constantes e graves contradições e tendente, por isso, a gerar em nosso espírito uma suspeição proveniente de problemas que nós vivemos todos os dias, mas que parecem ser menos reais e opressivos em culturas fechadas e bem integradas, de natureza tribal. Além disso, um estudo comparativo com outras tribos revelaria, por certo, uma consistência não menos notável na concepção do mundo. Basta mencionar, por exemplo, o que a este respeito nos sugerem os trabalhos de Murphy sobre os Mundurukú e o sentido religioso de suas cerimônias.

Se, como acabamos de ver, o princípio energético é o que determina o caráter da imagem e da concepção do mundo na cultura dos Desâna, outra é a perspectiva adotada pelos Kamayurá, índios tupí do Brasil Central. Para eles — como, aliás, para muitas outras tribos — prevalece em todo o sistema a oposição básica entre a aldeia e a mata, como ponto de partida para outras oposições análogas, que, em seu conjunto, fornecem todo um jogo de mundos invertidos com relação aos seus mundos complementares.

Mark Münzel, que em sua pesquisa entre esses índios, dedicou especial atenção a esse princípio fundamental da mitologia Kamayurá, informa, por exemplo, que o caráter dos espíritos (*mama'é*), que na floresta são agressivos e perigosos se converte em seu oposto quando estão na aldeia, onde se comportam de maneira mansa e pacífica e até benéfica. O monstruoso *anhang-u* da mata pode, no âmbito da aldeia, tornar-se *anhang-u katú* e então, em lugar de comer gente, dá de comer aos homens, isto é, ajuda-os a obter o seu alimento, particularmente pela influência que exerce no crescimento da mandioca. As tribos hostis, os brancos e as enfermidades mortais identificam-se com os *mama'é* da selva, que, são, enfim, os agentes da destruição e da morte. Já os *mama'é* da aldeia estão em relação estreita não somente com a alimentação, mas também — e aqui encontramos um ponto de convergência com a ideologia desâna — com o poder de procriação masculino e a fertilidade feminina.

Otto Zerries, ao apresentar de forma sumária esses resultados da pesquisa de Münzel, acrescenta: "Manter relações sexuais e matar

são, notoriamente, atos intercambiáveis. Cabe, por isso, acentuar a capacidade de transformação dos *mama'é* ambivalentes, que podem ter, para os homens, quer um aspecto positivo, quer um aspecto negativo. É possível que o *mama'é* não seja simplesmente um ser, mas também uma atividade ou uma propriedade." De nossa parte, acentue-se, ademais, o interesse inerente à forma que assumem, na ideologia Kamayurá, essas e outras idéias "universais", "elementares" ou como queiram designá-las, concepções que se integram das mais diversas maneiras em diferentes contextos sócio-culturais.

Assim, em especial, o modo pelo qual o princípio da oposição se alia, na mente kamayurá, ao da inversão. Aldeia e mato não constituem apenas um par de opostos, mas um dos dois elementos representa sempre com relação ao outro um "mundo invertido", e entre eles se intercala intermediário ou mediador — neutro, por assim dizer — uma zona de transição pelas roças, pelas águas em que se pesca e as aldeias de tribos amigas. E a Terra, vista como um todo tem como antimundo o Céu, que a ele se liga pela Via-Láctea. Segundo a interpretação de Zerries, a concepção do antimundo se basearia na idéia de que a realidade da vida humana seria apenas aparente, simples miragem da realidade celeste, a verdadeira e autêntica. Os homens que existem na superfície da Terra são sombras dos que vivem no Céu. Há também um mundo subterrâneo, e ao mesmo tempo subaquático, visto pelos Kamayurá como inversão do mundo terrestre. Conjetura o autor citado que o Céu e o Inframundo talvez sejam partes de um único espaço que envolve a Terra em que vivemos. Como quer que seja, o princípio dominante é o da inversão.

Isto vale para o espaço mas vale também para o tempo, ou seja, para a relação entre o

presente, o passado e o futuro. Quanto à relação entre o presente e o passado, é de interesse notar que no ciclo de mitos relativos ao Morená, local em que Mavutsiné criou os primeiros homens, o herói solar, Yaü, tomando forma humana, e seu parceiro, arrebatam aos animais do antimundo — da mata, do Céu, do Inframundo o fogo e outros elementos culturais. O pajé, representando a Yaü, de quem é sucessor, morre simbolicamente para ir ao antimundo, o que é também uma viagem ao passado, em que visita, no Céu, os mortos em sua aldeia, semelhante à que Mavutsiné fundou, no princípio dos tempos, no Morená. Sua morte não é senão aparente, como o é a de Yaü, a Lua, que sempre ressuscita. E, de modo geral, a morte dos homens é uma ilusão.

Enfim, é preciso voltar ao passado para encarar o futuro. O presente não passa de um espelho que reflete, invertendo-as, as coisas que foram e as que serão.

Ao antropólogo não será difícil explicitar as conclusões sugeridas pelos exemplos aqui postos em confronto e que poderiam ser com facilidade multiplicados. O universo simbólico presente em cada imagem do mundo é, como esta, único e inconfundível e só pode ser compreendido quando se conhece a maneira pela qual se estrutura o universo sócio-cultural da respectiva tribo. Mas, de caso em caso, o conjunto de símbolos e o seu código precisam ser devidamente interpretados ou decifrados, a fim de que num estágio posterior da análise antropológica possamos, com alguma segurança, descobrir os princípios universalmente válidos que lhes são subjacentes e, destarte, entender melhor a natureza humana no estudo das múltiplas formas pelas quais ela se manifesta. Afinal, uma imagem do mundo não é apenas uma forma de ver e de conceber a realidade. É também um modo de viver, que nela se retrata.

A pintura corporal

LUX BOELITZ VIDAL

Esta comunicação é a respeito de um trabalho que venho desenvolvendo desde 1974. Trato aqui da pintura corporal entre um grupo indígena Kayapó, os Xikrin, que habitam as margens do rio Cateté, uma região de floresta tropical, entre o Xingu e o Araguaia, Estado do Pará.

Trato da pintura de *jenipapo* que eu considero, nas palavras de Roland Barthes, uma vestimenta e que representa entre os Kayapó o cotidiano, o normal (em oposição ao estado de doença, luto, resguardo ou de marginalidade durante um ritual) enquanto que a pintura de urucu, de cinza de carvão misturado com almecega, a máscara de pó de casca de ovo de azulão, a aplicação de penugem na cabeça ou no corpo assim como tudo o que chamamos de ornamentos possuem conotações estéticas muito mais marcantes, conotações mágicas, rituais e de auto-afirmação. A pintura de *jenipapo* é por mim considerada como um sistema de comunicação visual que pode ser descrito e analisado de modo autônomo, sem referência nenhuma aos outros sistemas de comunicação visual acima citados. Sem dúvida, o estudo da ornamentação corporal, como um todo, que é muito rica e apresenta do ponto de vista estrutural uma certa unidade, informaria a respeito de um número maior de variáveis do sistema de comunicação visual e das relações deste sistema com os outros sistemas da cultura Kayapó. Mas para fins analíticos é melhor separar os diferentes níveis.

Preciso agora abrir um parêntesis. Este trabalho não é um empreendimento isolado, mas faz parte de um conjunto de pesquisas sobre pintura corporal, sendo que no dia 28 de junho passado foi defendida a primeira tese sobre o assunto: "A pintura do corpo e os ornamentos Xavante: arte visual e comunicação social", tese de mestrado de Regina Polo Müller. Iniciamos este trabalho entre duas sociedades do tronco lingüístico Jê, os Xavante e os Kayapó. Possuímos sobre estas sociedades uma bibliografia volumosa, as monografias de Maybury-Lewis e Giaccaria e Heide sobre os

Xavante e de Banner, Turner, Frikel, Bamberger e eu mesma sobre os Kayapó. Os trabalhos da linha estruturalista britânica analisam de modo sistemático estas sociedades dando-nos de cada uma delas uma imagem clara da organização social, isto é, atendem à necessidade de se possuir, antes de mais nada, o que se chama uma monografia, isto é, um levantamento geral, com os dados organizados segundo uma linha teórica explícita.

Por outro lado, o que se costuma chamar de cultura material ou arte ou seja o que for tem sido relegado a segundo plano, nas últimas décadas, nos estudos antropológicos. No que se refere à pintura corporal, entre as sociedades indígenas do Brasil, ainda que esta atividade seja mencionada, não é nunca tratada de modo sistemático e aparece, nos trabalhos publicados, como uma atividade, senão totalmente irrelevante, pelo menos secundária, pela própria falta de interesse por parte do pesquisador.

Hoje, graças aos estudos mais aprofundados de um certo número de sociedades indígenas, de um lado, e do aproveitamento possível, no nível teórico, de modelos desenvolvidos pelos lingüistas e arqueólogos há realmente um novo interesse em estudar atividades e aspectos da cultura considerados, até agora, periféricos.

Já que a pintura corporal é uma atividade importante entre as duas sociedades escolhidas (os Xikrin têm desenvolvido esta atividade ao extremo) achei interessante fazermos um levantamento exaustivo das pinturas nestas duas sociedades, jê do norte e jê do centro, tomando como pressuposto algo muito geral e muito simples: a decoração do corpo humano nestas sociedades é um veículo de comunicação ao mesmo tempo que uma manifestação estética.

Aos poucos fomos descobrindo que a pintura corporal informava sobre uma série de assuntos: relações entre grupos, relações entre indivíduos, relações com a cosmologia, com o sobrenatural, com o meio ambiente, informava

também a respeito de acontecimentos, *status*, processos, fases de um ritual de transição por exemplo etc., mas de modo diferente daquele que conseguíamos captar analisando, por exemplo, o sistema de parentesco, o sistema político, o sistema de classes de idade e assim por diante. Na verdade, se o sistema de comunicação visual revelasse tão somente o que conseguimos por outros meios de pesquisa e tradução da realidade indígena, emprender um tal trabalho não teria sentido a não ser no nível meramente descritivo. O que se percebe, entretanto, é que a pintura corporal informa sobre coisas que tão somente são expressas através desta linguagem simbólica e que este sistema de comunicação recorta os outros sistemas ampliando a nossa compreensão da cultura indígena. O que verificamos, para nossa surpresa, é a grande diferença que existe entre a pintura corporal Xavante e Kayapó, de modo que podemos concluir que esta atividade pertence a "domínios" diferentes em uma e outra sociedade. Entre os Kayapó, a pintura de jenipapo é uma atividade cotidiana, contínua, executada pelas mulheres e representa o estado normal, é uma simples vestimenta. Os Xavante não possuem esse tipo de pintura, entre eles a pintura é uma atividade relacionada aos rituais, ao não-cotidiano e é feita pelos homens; é como uma roupa para certas ocasiões e não pode, portanto, ser estudada separadamente da ornamentação. O mais surpreendente foi os poucos motivos que os Xavante possuem. A pintura deles não possui estampas, desenhos, e parece, na verdade muito pobre quando comparada aos Kayapó. Mas eles possuem um grande número de possibilidades de combinação dos diferentes elementos que constituem a pintura, aumentando assim as possibilidades de diferenciação e significado.

Os Xikrin, pelo contrário possuem grande número de estampas, o material é muito mais rico e volumoso e, portanto, mais fácil de classificar e analisar. Outra coisa interessante é quando se pede aos Xavante de representar no papel, as suas pinturas eles são muito pro-

saicos, começam por desenhar um corpo e depois colocam as cores, porque cada cor corresponde a uma parte do corpo. As mulheres Xikrin nunca desenhavam o corpo, enchem a folha de papel de desenhos que são ou a síntese de uma pintura ou o maior desenvolvimento de uma estampa. O corpo não interessa porque ele é o simples canevas, suporte. No papel, as mulheres Xikrin desenvolveram uma atitude de criatividade. Não inventam novos motivos, mas, dentro de certos limites estruturais, criam uma grande variedade de novas combinações, impossíveis, por razões de estrangimento cultural e tradicional de serem realizadas no corpo.

Não foi possível, portanto, fazer um trabalho comparativo puramente mecânico entre a pintura corporal Xavante e Kayapó. As perspectivas de comparação ficaram obscurecidas, mas a compreensão do problema se ampliou. Os resultados destes trabalhos, eu acredito, são importantes em termos da teoria da evolução e em termos do uso do método comparativo. Mas isto é tão somente uma sugestão e fica em aberto.

Apresento agora alguns aspectos relevantes da pintura corporal dos índios Xikrin. Não uso mais, agora, a denominação Kayapó porque existem diferenças inconfundíveis entre a pintura Xikrin e Gorotire ainda que os dois pertençam ao grupo Kayapó. Mas os dois grupos são semelhantes em oposição aos Xavante no que foi discutido anteriormente. As diferenças entre Xikrin e Gorotire dizem respeito aos motivos das estampas.

1. Apresentação do catálogo.
2. A pintura facial e a pintura do corpo.
3. Análise dos motivos decorativos.
4. Pintura corporal e organização social.
5. Apresentação de um exemplo concreto: A pintura corporal como linguagem estruturada.

Projeto Kaingang

CECÍLIA MARIA VIEIRA HELM, Departamento de Antropologia da Universidade Federal do Paraná.

INTRODUÇÃO

Trata-se de um Projeto de Desenvolvimento de Comunidade Indígena, a ser realizado no Posto Indígena de Apucarana, ao norte do Estado do Paraná.

A Fundação Nacional do Índio e a Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul (SUDESUL) em convênio com a Universidade Federal do Paraná solicitou a colaboração de professores do Departamento de Antropologia e de Engenharia Florestal, para a elaboração de um "Termo de Referência para um Projeto de Desenvolvimento de Comunidade Indígena" no Estado do Paraná, no município de Londrina.

A Coordenação Técnica do referido documento está sob a responsabilidade da Profa. Cecília Maria Vieira Helm, que vem realizando pesquisas sobre os Índios Kaingang há mais de dez anos.

O Projeto foi elaborado em 1975 e está devidamente aprovado pelas instituições acima mencionadas.

Tal Projeto se justifica devido à situação de contato que atualmente envolve o índio.

Sabe-se que o contato das tribos indígenas com segmentos da sociedade nacional debilita cultural e mesmo fisicamente o índio, a ponto de abalar ou mesmo destruir sua ordem, sua unidade, sua escala de valores, levando-o a não encontrar condições de superar por si mesmo a situação imposta pela sociedade envolvente. Como se sabe, os grupos tribais atualmente caracterizados "integrados" foram alcançados por frentes de expansão da sociedade nacional, que passaram a ocupar seus territórios e a incorporar sua força de trabalho.

Para surpreender as condições de sobrevivência das populações indígenas inseridas no sul do Brasil, e programar a elevação de seu

nível de vida e garantir a permanência voluntária em seu habitat, proporcionando recursos para seu desenvolvimento, estão sendo criados Projetos, para beneficiar as Comunidades indígenas, como reza a legislação vigente.

Assim, com a finalidade de implantar uma ação comunitária junto aos índios do Paraná foi escolhido o P.I. "Apucarana", para laboratório das operações.

O Projeto está esboçado e pensado a partir das aspirações dos índios, anotadas em pesquisa de campo realizada no referido Posto Indígena, em outubro pp.

Fundamentos Teóricos:

Para apreender as aspirações e compreendê-las no âmbito do sistema interétnico, no qual índios e regionais estão inseridos em condição vantajosa para os brancos, utilizaram-se as técnicas e recursos da Antropologia e as contribuições teóricas que procuram dar conta de "estudos de situação".

Metodologia da Ação:

Este novo enfoque que vem sendo aplicado em comunidades indígenas é fundamentado nas expectativas da comunidade envolvida, assim as diretrizes do Projeto estarão baseadas nos níveis de aspiração da população indígena.

O Projeto compreende os seguintes tópicos:

- Diagnóstico da Situação;
- Delimitação do Problema e Conclusões;
- Proposições e Instrumentos da Ação;
- Cronograma Físico;
- Custos;
- Orçamento;
- Cronograma Financeiro;
- Fontes de Consulta e referências bibliográficas.

* Simpósio realizado durante a 28.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Brasília, julho de 1976.

Projeto Araribá, Icatu e Vanuíre

CARMEN JUNQUEIRA

Este é um rápido esboço de um programa de desenvolvimento de comunidade a ser futuramente implantado nos postos indígenas Araribá, Icatu e Vanuíre, localizados no Estado de São Paulo.

Dados gerais sobre as áreas objeto do programa:

PI Araribá (Avai), 2.153,80 hectares, grupo Terena/Guarani, população: 282 pessoas

PI Icatu (Brauna), 287,98 hectares, grupo Kaingang, população: 55 pessoas

PI Vanuíre (Tupã), 605,00 hectares, grupo Kaingang, população: 156 pessoas

Atividades econômicas básicas:

- lavoura de subsistência com produção de pequeno excedente comercializável;
- lavoura de subsistência e criação do bicho da seda;
- lavoura de subsistência precária e trabalho assalariado em fazendas vizinhas.

A criação do bicho da seda restringe-se ao PI Araribá, enquanto que o trabalho assalariado constitui atividade que envolve o maior número de índios nas três comunidades.

Para avaliar as condições necessárias à implantação do programa, tornou-se necessário um planejamento prévio, a ser iniciado nos próximos meses, que contará com a colaboração de um conselho formado por membros das comunidades e que deverá trabalhar com a equipe técnica no levantamento dos principais problemas e no equacionamento das soluções possíveis.

Com esse trabalho comum objetiva-se obter elementos para:

- a) a reorganização da economia interna e sua articulação com o mercado regional;

- b) implantação e adequação do ensino bilíngüe, a ser ministrado em função dos interesses dos grupos;

- c) enriquecimento da vida cotidiana, quer através do estímulo ao artesanato como forma de lazer criativo, quer através da prática de atividades recreativas comunitárias.

O desenvolvimento dos trabalhos constará basicamente do:

1. levantamento das condições atuais de vida nas comunidades e análise dos elementos centrais da cultura Kaingang, Terena e Guarani em sua forma de realização atual;

2. levantamento da situação lingüística dos grupos e avaliação do sentido imprimido à ação educacional em vigor nas comunidades;

3. levantamento e análise de dados referentes ao desempenho econômico do Estado de São Paulo e em particular da região que engloba as comunidades;

4. estudo das possibilidades de ampliação da produção agrícola e de sua diversificação.

Duas idéias centrais que orientam o programa de desenvolvimento, e que merecem comentários adicionais, são a de reforçar os laços comunitários de modo que o desenvolvimento econômico e cultural resulte do esforço comum de toda a comunidade, e de aplicar medidas (técnicas e científicas) que assegurem um crescimento econômico auto-sustentável, dentro de padrões de produtividade que se harmonizem com a expectativa do fortalecimento de uma produção cooperativa de distribuição igualitária.

Ainda que seja pequeno o contingente indígena considerado, é possível constatar, em seu relacionamento com a economia de mercado, algumas constantes que atingem outras regiões e comunidades. Trata-se da mão-de-obra assalariada, ou seja, do fornecimento de força de trabalho à economia de mercado.

Sabe-se que os componentes do valor da força de trabalho são:

1. sustento do trabalhador durante seu período de emprego (ou reconstituição da força de trabalho imediata);

2. manutenção do trabalhador em períodos de desemprego, doença etc.;

3. substituição do trabalhador pela manutenção de sua prole (reprodução).

Apenas o primeiro desses componentes constitui mercadoria imediatamente disponível no mercado, e como na prática o salário (por dia, por hora), remunera apenas a força de trabalho utilizada durante a jornada de trabalho, a reprodução da força de trabalho, enquanto mercadoria futura, é produzida fora das normas de produção capitalista.

A comunidade indígena e mais especificamente a família realiza a produção e a maturação dessa força de trabalho, cujo custo é em parte coberto pelos serviços assistenciais e, basicamente, pelo trabalho doméstico não remunerado.

Resta ainda assinalar que quando o trabalho assalariado é conjugado com o cultivo de roças de subsistência, o custo da própria reposição da energia gasta pelo trabalhador assalariado pode localizar-se ainda em nível mais baixo.

O colonialismo, entendido aqui como o processo de criação de condições para o desenvolvimento local da produção capitalista, ou seja, o processo da destruição progressiva das

condições para a reprodução autônoma de modos de produção indígenas, não opera de modo uniforme em todas as regiões onde se implanta, embora mantenha constante sua tendência histórica de incorporar práticas econômicas não capitalistas.

Assim, num certo estágio da implantação capitalista pode não haver condições ou vantagem imediata em absorver integralmente comunidades indígenas. Nessas condições, exploram-se trabalhadores e as células familiares responsáveis pela criação do futuro produtor, permanecendo a terra como objeto e meio de trabalho da própria comunidade.

Por esse processo a comunidade indígena é preservada como modo de organização social produtora de valor em benefício do capitalismo, mas a caminho da destruição por se ver privada dos meios de sua reprodução.

Do que foi dito acima, pode-se depreender que o esforço despendido pela comunidade, e pela família em particular, para não se converter num "fundo perdido", deve ser canalizado para o próprio crescimento da comunidade. Isto indica que programas de desenvolvimento devem privilegiar um crescimento econômico auto-sustentável que assegure possibilidades efetivas para o uso da energia produtiva criada e reproduzida dentro da comunidade, o que naturalmente pressupõe, como requisito fundamental, a defesa enérgica da inviolabilidade das terras indígenas.

A experiência indigenista do Parque Indígena do Xingu

(RESUMO)

ORLANDO VILAS BOAS

A “marcha para o oeste” e a Fundação Brasil Central: origem da expedição Roncador-Xingu.

Propósito e objetivos da Fundação Brasil Central: recrutamento de pessoal, perspectiva indigenista.

A fixação de bases avançadas no alto Xingu: reconhecimento da região por expedições científicas e oficiais: von den Steinen, Capitão Vasconcellos, Expedição Roncador-Xingu, etc.

Definição cultural dos grupos indígenas alto-xinguanos: diversidade e interdependência.

Relação dos índios alto-xinguanos com outros grupos da região.

A pressão externa das frentes de expansão da sociedade nacional sobre os índios da periferia: Kayapó, Juruna, Kayabí, etc.

A região do alto Xingu como área nativa de refúgio.

O projeto do Parque Indígena do Xingu: planos e esforços para a criação do parque: a ação indigenista no PIX.

Os planos atuais de expansão rodoviária e colonizadora e seus efeitos sobre os índios da região.

A transferência forçada de grupos indígenas para o interior do PIX e os problemas de reajustamento intertribal.

A fixação de núcleos pioneiros de ocupação nacional na área. Problemas atuais de relacionamento entre grupos indígenas alto-xinguanos e a sociedade regional: reação e ajustamento dos índios às novas condições.

Balanço da experiência indigenista na área do alto Xingu e sua aplicabilidade a outras regiões do país.

A transformação das condições ecológicas e sócio-culturais e as perspectivas de sobrevivência dos índios do Parque Indígena do Xingu.

Plano de pesquisa junto aos Terena e Caduveo

FERNANDO FRANCO ALTENFELDER SILVA

Este plano é decorrência de um convênio firmado entre a *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro*, da *Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"*, e a *FUNAI*. Destina-se esta pesquisa ao estudo dos problemas decorrentes das situações de ajustamento desses dois grupos indígenas do sul de Mato Grosso às pressões oriundas de seu envolvimento pela sociedade nacional. Os *Terena* e *Caduveo* mantiveram entre si mesmos profundos e duradouros intercâmbios sócio-culturais registrados pelos primeiros cronistas que deles dão notícias. Todavia mantiveram-se não somente diversos em sua identidade grupal mas nas soluções opostas às pressões da sociedade envolvente. A mais notável diferença entre os dois grupos no que concerne à forma porque sobreviveram à pressão civilizadora da sociedade nacional pode ser concretizada da seguinte maneira: 1) Os *Caduveo* conservaram-se mais resistentes à mudança cultural embora numericamente não tenham apresentado um aumento ponderável de sua população nos últimos trinta anos; ao contrário, os *Terena*, mais sensíveis às modificações culturais sugeridas pela sociedade nacional, cresceram numericamente, nestes últimos trinta anos, em quase 300%.

Propõe-se esta pesquisa, basicamente, examinar primeiramente se a variação de-

mográfica observada nesses dois grupos é devida à migração ou ao crescimento interno. Em segundo lugar propõe-se o exame das causas básicas que justificam essa variação da taxa de crescimento populacional em função das possíveis pressões discriminatórias das sociedades envolvidas.

Uma das hipóteses explicativas a ser testada pela pesquisa é a de que as populações brasileiras são altamente discriminativas com relação aos *Terena* e *Caduveo* nas áreas onde esses agrupamentos estão localizados no sul de Mato Grosso. No que se refere aos *Terena* o problema do número relativamente elevado da população indígena, em constante crescimento nos últimos trinta anos, poderia ser encarada como uma ameaça; no caso dos *Caduveo*, cuja reserva se localiza em área altamente cobijada pelas fazendas vizinhas, não seria a ameaça do número dos indivíduos mas o crescente valor das terras, a causa básica da discriminação.

A pesquisa deverá, em uma etapa posterior, acompanhar a situação dos *Terena* e *Caduveo* egressos da vida tribal e avaliar a sua relativa aceitação pela sociedade brasileira.

Como decorrência prática da pesquisa, acredita-se na possibilidade de sugestões para a política de integração da *FUNAI*.

Relatório sobre o estado atual do Centro de Documentação Etnológica e Indigenista da FUNAI

CARLOS DE ARAUJO MOREIRA NETO, Centro de Documentação, Museu do Índio — FUNAI.

Os índios são freqüentemente referidos como “povos sem história” por não possuírem um testemunho escrito de seu passado. O fato de terem sido submetidos a uma situação de dominação colonial também os tornou incapazes de fazer sua própria história, embora nem sempre de escrevê-la segundo a ótica do colonizador. Veja-se por exemplo, na América espanhola, a “História Chichimeca” de Ixtlilxóchitl, a “Nueva Cronica” de Guaman Poma ou os informantes indígenas da “História General” de Sahagún. Mas os índios são povos sem história ainda em outro sentido: a sociedade nacional não considera útil ou relevante preservar os documentos do passado antigo ou recente que a eles se referem. Assim, mesmo esta história parcial e comprometida, esta “crônica dos conquistadores” como queria o Visconde do Araguaia, é abandonada e perdida. Em minha tese sobre a política indigenista do século XIX, formulei a hipótese de que, ao processo de dominação e eventual extinção das sociedades indígenas, correspondia, no plano da ideologia oficial do Império, o esforço de destruir a própria imagem do índio como uma realidade concreta, viva e atual. A meu ver nasce daí, por influência de ideólogos anti-indígenas, como Varnhagen, a idéia de que o índio é um ser pretérito, algo que pertence ao passado mais remoto e, também, um ser estranho à sociedade nacional e a seu destino. A imagem falsa e estereotipada que hoje se projeta do índio na consciência nacional é, em larga medida, o resultado desse esforço de excluí-lo da realidade brasileira.

A pouca significação ou valia do índio, em termos de interesse nacional, reflete-se no descaso pelos registros e testemunhos de sua história. Em relação aos documentos da vida indígena repete-se, agravada, a lamentável tradição de incúria com que tratamos nosso patrimônio histórico, artístico e científico. Os

prejuízos decorrentes de tal atitude para os interesses básicos e permanentes do país podem ser avaliados pelo exemplo da questão de limites com a Guiana Inglesa cuja solução, como se sabe, foi desfavorável ao Brasil: “Além disso, em horas graves ou em circunstâncias urgentes, brasileiros ilustres, encarregados da defesa de nossos territórios, se queixaram das deficiências de documentos e das dificuldades de seu achamento. Joaquim Nabuco, por exemplo, quando escrevia o *Direito do Brasil*, lamentava não poder exibir a totalidade das provas... As participações... não foram todas preservadas, ou pelo menos não será possível encontrar as demais que restem, enquanto os arquivos portugueses não forem inteiramente organizados para as buscas. Quanto aos arquivos locais... a grande umidade, o cupim, a negligência, a idéia de que nenhum uso tais papéis podiam mais ter, repetidas mudanças e falta de acomodação própria e pessoal para a guarda deles, fizeram desaparecer a quase totalidade dos antigos arquivos públicos e particulares do Brasil”. (José Honório Rodrigues, *A pesquisa histórica no Brasil*, I.N.L., Rio, 1952, p.147).

Por outro lado, a utilização de fontes históricas ou documentais, como elemento auxiliar ao conhecimento das sociedades indígenas brasileiras, é bastante limitada e precária entre nós. As contribuições salientes nesse campo devem-se quase todas a historiadores, como Capistrano, Rodolfo Garcia, Taunay, Marchant, Sérgio Buarque, Boxer, Stauffer etc. Entre raras exceções, citam-se os trabalhos de elaboração etnológica devidos a Métraux e Florestan Fernandes sobre os Tupinambá e Guaraní (com base em material historiográfico), as pesquisas de Darcy Ribeiro nos arquivos no Serviço de Proteção aos Índios e a contribuição singular de Nimuendajú, de que se falará adiante.

Quando se compara a etno-história do México, por exemplo, com os esforços correspondentes no Brasil, ficam patentes a timidez e a relutância com que os etnólogos brasileiros utilizam as fontes disponíveis sobre o passado indígena. O problema aqui não é, certamente, a inexistência de fontes documentais mas o desinteresse ou a descrença em relação a seu potencial explicativo. Naturalmente o trabalho de campo do etnólogo junto a um grupo indígena constitui sua fonte mais fecunda e consistente de informações e a base empírica sobre a qual se funda a própria existência da ciência etnológica. É indispensável considerar no entanto que, no Brasil, apenas uma fração mínima dentre centenas de povos indígenas, históricos ou atuais, foi visitada por observadores cientificamente qualificados. Menos ainda foram os grupos indígenas adequadamente descritos por um etnólogo, após permanência mais ou menos prolongada entre eles. Por outro lado, mesmo o trabalho de campo mais acurado e longo, fornece poucos elementos para a compreensão de processos de larga duração temporal, como as migrações ou a mudança cultural por efeito de contatos intertribais ou com sociedades de tipo europeu.

Não é por acaso que Nimuendajú, o maior trabalhador de campo da etnologia indígena brasileira, se tenha dedicado, nos últimos anos de sua vida, a um consciente trabalho de coleta e elaboração de materiais etno-históricos. Ao que parece, Nimuendajú não explorou o acervo dos maiores arquivos brasileiros, como o Arquivo Nacional, o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, a seção de manuscritos da Biblioteca Nacional e, nem sequer, de modo sistemático, os arquivos regionais das áreas onde mais trabalhou, como o Arquivo Público do Pará, os arquivos estaduais do Amazonas e Mato Grosso etc. Para seus estudos etno-históricos Nimuendajú dependeu, em larga medida, das fontes de informação bibliográfica e documental existentes na Amazônia de seu tempo (Biblioteca do Museu Goeldi, Biblioteca Pública do Pará, Biblioteca da Comissão de Fronteiras, arquivos das inspetorias do SPI de Belém, Manaus e São Luís, coleção de documentos copiados por Schuller no *Archivo de Indias*, de Sevilla etc.). A limitação das fontes a que Nimuendajú teve acesso fica patente na análise da bibliografia que acompanha seu Mapa Etno-Histórico. A despeito disso, esta obra constitui contribuição verdadeiramente monumental à etnologia indígena brasileira e mesmo hoje, 32 anos depois de elaborada,

provavelmente nenhum etnólogo brasileiro conseguiria controlar, individualmente, a soma de dados e informações indispensáveis a uma revisão crítica do Mapa Etno-Histórico. Talvez, em razão disso, o trabalho não tenha sido publicado até hoje, embora o Museu Nacional houvesse promovido, em 1964, uma cópia simplificada (monocromática) do mapa, acompanhada de uma edição mimeografada da lista de tribos e da bibliografia que lhe são anexas.

Em 1967 um incêndio destruiu integralmente os arquivos centrais do Serviço de Proteção aos Índios, em Brasília. Um dos fatos mais lamentáveis em relação a esse evento foi que essa documentação, laboriosamente recolhida e classificada ao longo de mais de meio século, tenha desaparecido sem ter sido utilizada para a melhoria do conhecimento sobre a população indígena brasileira. A despeito da evidente importância dessas fontes para a história, a etnologia e o indigenismo, nenhum pesquisador brasileiro jamais explorou tal acervo, com a exceção de Darcy Ribeiro e de Nimuendajú — ambos com interesses específicos e necessariamente limitados.

Registra-se hoje uma reação animadora ao descaso tradicional pelas fontes que interessam à história, à arte, à ciência e à cultura. No plano internacional a UNESCO acaba de realizar dois simpósios de importância, reunindo, no Panamá e na Colômbia, especialistas interessados na reunião e catalogação de filmes etnográficos e no desenvolvimento de arquivos nacionais na América Latina. No Brasil, o Conselho Federal de Cultura tem desenvolvido uma ação eficaz em defesa do patrimônio artístico e cultural do país, enquanto que, em Brasília, com o apoio de várias instituições públicas, está sendo implantado o Centro Nacional de Referência Cultural. Também a Fundação Nacional do Índio tem procurado, no campo da documentação de interesse etnológico e indigenista, salvar, ordenar e tornar utilizável o acervo de informações que existe no âmbito da instituição. O esforço para a criação do Centro de Documentação Etnológica e Indigenista da FUNAI, de que se falará adiante, representa a adoção de uma política definida e prática em relação a um patrimônio de elevada importância científica e cultural e que se encontra, ainda hoje, ameaçado de perda ou dispersão.

I. PROGRAMA DE SALVAMENTO DA DOCUMENTAÇÃO

O acervo de materiais informativos sobre grupos indígenas brasileiros originários do antigo Serviço de Proteção ao Índio e da Fundação Nacional do Índio, atual, vem sofrendo perdas graves nos últimos anos. Em 1967 um incêndio destruiu os arquivos centrais do SPI em Brasília. Com eles, desapareceram os documentos acumulados desde a fundação do órgão indigenista, no começo do século, além de mapas, relatórios, filmes cinematográficos e outros documentos da Comissão Rondon. Outra perda importante foi a dos arquivos do Ministério da Agricultura, que reunia documentação sobre indígenas desde sua criação, por volta de 1860, e que se dispersou ou perdeu com a transferência do Ministério para Brasília. Nos anos que antecederam a extinção do SPI, em virtude do abandono a que foi relegado o Museu do Índio, foram também severas as perdas de seu acervo etnográfico e de sua filмотeca, além dos danos sofridos pela própria biblioteca particular do Marechal Rondon, incorporada ao Museu. A destruição de documentação única e insubstituível continua a ocorrer nos dias atuais. Vale citar, como exemplo, a perda integral, ocorrida muito recentemente, de toda a documentação sobre indígenas do Maranhão que existia na sede da Delegacia Regional da FUNAI em São Luís.

O presidente da Fundação Nacional do Índio, general Ismarth de Araujo Oliveira, a partir de novembro de 1974, adotou uma série de medidas concretas com vistas ao salvamento, reunião e futura organização de um centro de documentação etnológica e indigenista com sede no Museu do Índio. Foi organizado um programa de recuperação do acervo filmico e sonoro do Museu do Índio em convênio com a cinemateca do Museu de Arte Moderna e com a assessoria especializada da antropóloga Cláudia Menezes. Na mesma época o autor do presente relatório foi contratado para estudar as bases do setor de documentação do Museu do Índio. Estudos prévios sob a direção do antropólogo Olympio Trindade Serra, então chefe da Divisão de Estudos e Pesquisas da FUNAI, haviam tornado clara a complexidade da tarefa, que exigia a elaboração de um projeto global, a cargo de especialistas, para definir e dimensionar adequadamente as etapas de implantação do sistema de documentação. No início de 1975, como primeira providência concreta, foi sugerido pelo Museu do Índio ao

Departamento Geral de Planejamento Comunitário da FUNAI a adoção de providências para reunir a documentação dispersa pelas várias Delegacias Regionais da FUNAI. Graças a uma verba de emergência autorizada pela presidência da FUNAI, foi possível organizar, com esse propósito, uma viagem do autor a todas as Delegacias Regionais da FUNAI. Numa primeira etapa, entre setembro e novembro de 1975 foram visitadas as Delegacias do Maranhão, Pará, Amazonas, Rondônia e Mato Grosso (Cuiabá e Campo Grande). Entre fevereiro e abril do ano em curso a viagem estendeu-se a Curitiba, Recife e Goiânia, completando assim a série de visitas programadas. Como foi dito, a documentação existente na Delegacia de São Luís havia sido destruída de modo integral. O responsável pela repartição conseguiu, posteriormente, reunir e remeter ao Museu do Índio alguns documentos ainda existentes em postos indígenas do interior (Gruajá e Barra do Corda). Embora não houvesse qualquer material de interesse na Delegacia de Porto Velho (Rondônia), há informação da existência de um acervo de razoável importância em Guajará Mirim, conservado aí em condições muito precárias. Estão sendo adotadas providências no âmbito da direção da FUNAI para fazer recolher a documentação referida ao Museu do Índio.

Uma avaliação superficial dos resultados desse programa de salvamento permite as seguintes conclusões:

a) Toda a documentação recolhida, com exceção do material do Pará, que se encontra encadernado e em estado razoável, encontra-se em situação extremamente precária, atingida pela umidade, insetos e ratos. Nenhum acervo estava classificado por época, assuntos ou natureza dos documentos, o que determinou a coleta indiscriminada de materiais os mais diversos, para posterior triagem no Museu do Índio.

b) Mesmo a documentação do Pará encontrava-se incompleta: os documentos mais antigos datam de 1938 o que representa a perda total das informações entre 1910 e aquela data.

c) Em áreas de grande e variada população indígena, como o Amazonas e Goiás, os resultados da coleta foram decepcionantes quanto ao volume e qualidade da documentação ainda existente. Em relação ao Amazonas há indícios de que parte do acervo teria sido transportado para a sede da FUNAI, em Brasília, em época anterior. A encarregada do setor de

arquivos da sede realiza atualmente o levantamento de toda a documentação dispersa pelos vários departamentos da FUNAI com o propósito de fazer o tombamento de todo o acervo disponível. Quanto à documentação de Goiás, há informação de que ela teria sido transportada para um posto indígena na ilha do Bananal.

d) Sabe-se também que vários *postos indígenas e ajudâncias* da FUNAI, dispersos por todo o interior do Brasil, conservam documentos de interesse. Medidas estão sendo tomadas para a recuperação desse acervo.

e) Com a perda dos arquivos centrais do SPI e do Ministério da Agricultura, a documentação oficial sobre índios no século atual parece limitar-se às fontes acima citadas, com exceção dos arquivos da SUDECO onde foram recolhidos os documentos da extinta Fundação Brasil Central.

Além dos resultados concretos em relação ao salvamento da documentação, as viagens de coleta permitiram um contato com instituições científicas e universitárias (a exemplo do Museu Goeldi, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, do Museu Antropológico da Universidade de Goiás, do Departamento de Antropologia da Universidade do Paraná, do Departamento de Ciências Sociais da Faculdade de Filosofia de Rio Claro, São Paulo etc.) com vistas a futuros programas de colaboração. Também foi possível um levantamento sumário dos arquivos, bibliotecas e instituições que eventualmente abrigassem documentação de interesse.

II. OUTRAS ÁREAS DE INTERESSE

Apesar de sua importância, a documentação sobre indígenas existente no âmbito da FUNAI representa uma parte relativamente pequena do acervo de materiais inéditos de interesse histórico, etnológico e indigenista, que se encontra disperso por todo o país, frequentemente em condições precárias. Instituições como o Arquivo Nacional, Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Arquivo Histórico do Itamaraty, Biblioteca Nacional, Conselho Nacional de Geografia, biblioteca do Museu Nacional, arquivos regionais como a Biblioteca e Arquivo Público do Pará, os Arquivos de Mato Grosso e do Amazonas etc., além das bibliotecas e arquivos de missões e ordens religiosas, arquivos municipais e cartórios de municípios e comarcas de maior concentração

indígena, representam um manancial permanente de informações sobre populações indígenas, históricas e atuais. O interesse do setor de documentação da FUNAI por essas fontes "externas" é determinado pela relevância científica da documentação que possuem mas, também, pela contribuição mais imediata que aportam à ação concreta do órgão indigenista face a problemas de natureza legal e administrativa. O levantamento sistemático dessas fontes e a reprodução (microfilmagem) da documentação de interesse constituirão parte importante das atividades do futuro setor de documentação da FUNAI.

III. PROJETO DO SETOR DE DOCUMENTAÇÃO

A Fundação Nacional do Índio, na execução de seus programas de estudo e de assistência às comunidades indígenas, tem uma larga experiência em convênios de colaboração com instituições científicas e universitárias, como a Universidade de São Paulo, Universidade de Brasília, Universidades Federais do Paraná, Santa Catarina, Bahia, Escola Paulista de Medicina, Museu Goeldi (INPA) etc. Na área do levantamento, coleta e utilização da documentação etnológica e indigenista há, certamente, um novo campo em que tal colaboração poderá ser exercida frutiferamente. Por outro lado, em vista da complexidade e do custo relativamente elevado de tal intento, é indispensável a colaboração de recursos materiais e humanos externos à FUNAI para dotá-la do pessoal qualificado, dos equipamentos e de outros meios necessários à criação e funcionamento do setor de documentação. O projeto do setor de documentação da FUNAI foi confiado a um grupo de especialistas qualificados, ao mesmo tempo que se estabelecia contato com instituições capazes de colaborar com o programa. Num documento encaminhado à FINEP pela direção do Museu do Índio em 25 de setembro de 1975, as questões relativas ao projeto e implantação do setor de documentação da FUNAI foram assim sintetizadas:

"O centro de documentação que pretendemos montar na FUNAI estará, pois, aberto a toda a comunidade científica nacional e dará, ao nosso país, a oportunidade de efetivo intercâmbio com diversas instituições estrangeiras e internacionais que tratam da problemática indigenista. Assim, poderá a FUNAI dispor, com a criação do centro, de um serviço

eficiente para o recolhimento, a sistematização e a disseminação das informações históricas e atuais relativas aos índios brasileiros.

O setor deverá centralizar todos os dados disponíveis considerados relevantes, de modo não só a formar uma memória organizada e facilmente utilizável sobre o assunto, como também a acompanhar com levantamentos bibliográficos e outros métodos, os programas, projetos e estudos da FUNAI e de outras entidades que desenvolvem atividades nessa área. O centro abrangerá, portanto, todo tipo de informação existente, tais como: livros, periódicos, mapas, cartas, relatórios, filmes, microfones, fitas magnéticas, diapositivos, registros etc.; e, quando necessário, deverá estar aparelhado para promover trabalhos de campo complementares, a fim de suprir lacunas no conhecimento de questões de interesse. Embora se possam delinear previamente alguns serviços com que deverá contar o centro (tais como: biblioteca, periódicos, análise e pesquisa de documentos, bibliografia, serviços técnicos, aquisição e intercâmbio, arquivo de documentação histórica, material audiovisual, reprografia, indexação e resumos, traduções), caberá ao projeto estabelecer a estrutura mais funcional, fornecendo ainda o cronograma de implantação a ser adotado e o custo desta. O projeto do Centro de Documentação Indigenista deverá, pois, indicar:

- a) estrutura organizacional do centro, com o organograma;
- b) metodologias e sistêmicas a serem usadas para o processamento técnico de todo o acervo do centro, com modelos de formulários, fichas etc.
- c) programa de cooperação entre instituições interessadas na área indigenista e estabelecimento de negociações visando a tornar tal programa operacional;
- d) levantamento de órgãos nacionais, estrangeiros e internacionais que possuam documentação de interesse;
- e) plano de aquisição e intercâmbio;
- f) esquema para implantação da disseminação seletiva da informação, caso se verifique sua viabilidade;
- g) determinação de espaço, com indicação da área e "lay-out";
- h) plano de implantação com cronogramas;

i) dimensionamento do equipamento necessário;

j) dimensionamento do pessoal necessário;

l) estimativa do custo de implantação do projeto com cronogramas de desembolso;

m) critérios para seleção e treinamento do pessoal a ser contratado para a implantação.

A equipe que trabalhará no projeto constituir-se-á de profissionais de comprovada competência, devendo integrá-la dois bibliotecários-documentalistas, um antropólogo, um arquiteto e um arquivista. A elaboração do projeto terá a duração de três meses e seu custo está orçado em Cr\$ 133.400,00 (cento e trinta e três mil e quatrocentos cruzeiros). A atualização desses valores nos dias atuais representa aproximadamente a soma de 200.000,00.

Até o momento não foram liberados os recursos necessários à elaboração do projeto acima referido, o que torna impossível a adoção de medidas de mais largo alcance em favor da implantação do setor de documentação. A inexistência de um projeto coerente e viável impede, por outro lado, o contato com instituições que poderiam colaborar com recursos financeiros, técnicos ou humanos para a implantação e funcionamento do setor.

IV. OUTRAS OBSERVAÇÕES

Tratando da natureza e das funções dos arquivos, o especialista francês Robert Henri Bautier faz considerações que contribuem para esclarecer o caráter instrumental do Centro de Documentação para os programas de ação da FUNAI:

"Os arquivos são conservados... porque representam a "documentação" de uma instituição: eles constituem os "títulos" dos bens, as "provas" de direitos ou pretensões, os "precedentes" de negócios tratados (e) permitem a seu detentor defender-se ou atacar. Em princípio, portanto, eles não constituem fonte literária ou narrativa mas são de caráter essencialmente jurídico; eles não são destinados à curiosidade do público mas à informação daqueles que os acumularam em defesa dos interesses próprios e de seus sucessores"... (Les archives in "L'histoire et ses méthodes", Bibliothèque de la Pléiade, Bruges, 1961).

A justificativa e o compromisso essencial do Centro de Documentação vinculam-se primariamente aos direitos e necessidades das populações indígenas brasileiras. É impossível defender direitos essenciais dessas comunidades — a posse das terras, por exemplo — sem documentação probatória de validade legal. Por outro lado, é igualmente inviável formular e executar uma política de ação adequada e eficaz, em relação a cada grupo indígena, sem informações sistemáticas sobre sua cultura e sobre as relações que desenvolve com a sociedade nacional.

O comprometimento do Centro de Documentação com tal ordem de interesses não limita ou inibe sua participação em projetos de natureza cultural ou científica. Ao contrário, como demonstra Bernard S. Cohn, a busca de informações para a defesa de interesses indígenas resulta, necessariamente, no desenvolvimento de pesquisas de caráter antropológico e etno-histórico:

“A aprovação da Lei de Reclamações Indígenas pelo Congresso em 1946 determinou um aumento substancial nas pesquisas etno-históricas nos Estados Unidos. Segundo o disposto nessa lei, as tribos indígenas podiam acionar o governo federal por indenização pelas terras de que foram privadas após a assinatura de tratados que protegiam seus direitos. Antropólogos foram empregados como peritos tanto pelo governo quanto pelos índios para determinar a localização, natureza e amplitude do controle indígena sobre o território e o exato significado das obrigações dos tratados. O fato atraiu a atenção de vários etnólogos, até então indiferentes, para os substanciais recursos de informação presentes nos arquivos federais e estaduais. *Ethnohistory*, a principal publicação especializada nesse campo, foi fundada em 1954, em parte como veículo de difusão dos trabalhos desenvolvidos nas ações propostas pelos índios” (*Ethnohistory in “International Encyclopedia of the Social Sciences*, vol. 6, The McMillan Co., N. York, 1972).

Embora não tenha ainda sido elaborado o projeto do Centro de Documentação, algumas idéias básicas sobre sua estrutura e funcionamento foram estabelecidas, assim como estão sendo adotadas algumas medidas práticas para uma pré-seleção dos materiais já recolhidos ao Museu do Índio. Em resumo, devem ser ressaltados os seguintes pontos:

a) Terminada a coleta do acervo existente na FUNAI, a documentação deverá ser ampliada com a pesquisa e reprodução de informações de natureza bibliográfica e arquivística. As fontes mais importantes encontram-se localizadas no Rio de Janeiro, a exemplo das anteriormente indicadas: Arquivo Nacional, Biblioteca Nacional, Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Arquivo Histórico do Itamaraty, biblioteca do Museu Nacional, biblioteca do Museu do Índio etc. Em vista disso — e de outras facilidades aqui existentes (assistência especializada no campo da documentação e arquivística etc.) — é aconselhável situar no Museu do Índio a fase primária do Centro de Documentação: pesquisa, reprodução e classificação das informações. O material coletado e reproduzido (microfilme ou xerox) seria enviado a Brasília onde seriam desenvolvidas as outras fases do sistema de documentação.

b) É necessário lembrar que o acervo etnográfico, filmico, fotográfico e sonoro do Museu do Índio constitui parte essencial do sistema, do mesmo modo que a biblioteca Marechal Rondon. Do mesmo modo, devem ser integrados a ele todos os demais elementos informativos existentes nos diversos departamentos e seções da FUNAI, inclusive a documentação recente que deverá ser reproduzida para fins de recolhimento ao Centro de Documentação.

c) O acervo do Centro de Documentação deverá ser acrescido também com informações impressas ou manuscritas coletadas em outras fontes. É indispensável um trabalho sistemático de tombamento da bibliografia e da documentação de arquivos de interesse para a etnologia e o indigenismo. Naturalmente este esforço deverá submeter-se a critérios seletivos, impostos pela importância e a urgência da informação requerida. Como foi dito anteriormente, o Centro de Documentação da FUNAI pretende organizar-se para servir a dois propósitos distintos mas conciliáveis e complementares: o primeiro refere-se às necessidades de informação da instituição como órgão oficialmente incumbido da assistência, defesa e desenvolvimento das comunidades indígenas brasileiras. O segundo propósito vincula-se à contribuição que a FUNAI pode legitimamente dar à ciência e à cultura, preservando e tornando utilizáveis elementos de importância para esses campos. É provável que, no cumprimento dessas duas funções, possa o Centro de Documentação contar com a colaboração e o

apoio de instituições e de especialistas nacionais e estrangeiros. Entretanto, em relação ao primeiro objetivo, é indispensável que o Centro seja dotado com um mínimo de pessoal e equipamento adequado à coleta e processamento de informações, freqüentemente requeridas em caráter de urgência para a solução de problemas cruciais na vida das comunidades indígenas assistidas. Do ponto de vista dos interesses indígenas pode-se dizer que a eficácia do Centro estará, em larga medida, condicionada à resposta que puder dar a problemas de emergência em relação a um grupo ou área determinada. Assim, além de um programa continuado de aquisição e processamento de informações sobre os vários grupos indígenas brasileiros, que será levado a cabo com a exploração sistemática dos acervos informativos (bibliotecas, arquivos, instituições universitárias e de pesquisa etc.), o Centro de Documentação deve estar preparado para projetos específicos de coleta de dados, ditados pelas necessidades funcionais do órgão indigenista e não por sua relevância científica ou cultural.

d) Para os propósitos de recolhimento, classificação e difusão da informação, é indispensável a microfilmagem da documentação. Isto se refere tanto à documentação "interna" (produzida ou sob a guarda da FUNAI) quanto à "externa" (existente em outras instituições). Nos dois casos, a microfilmagem serve aos propósitos de preservar originais de eventual extravio ou destruição e, também, à necessidade de difundir a informação coletada e processada às instituições a que se destinam (direção da FUNAI em Brasília, e outros órgãos administrativos, universidades e centros de pesquisa etc.) A exploração sistemática de fontes "externas" de documentação pode e deve ser feita com o concurso de outras instituições interessadas e com o uso de equipamentos e pessoal especializado, próprios ou alheios. Entretanto o Centro de Documentação deve assegurar-se um mínimo de autonomia em recursos técnicos e humanos para atender a seus próprios programas. Esta autonomia é absolutamente necessária em relação a áreas do interior carentes de tais recursos. Como a grande maioria dos grupos indígenas brasileiros localiza-se atualmente na Amazônia e no Centro-Oeste, parte pelo menos da documentação sobre eles encontra-se dispersa em pequenos arquivos de comarcas e municípios que devem ser pesquisados e reproduzidos com recursos próprios. O mesmo se aplica a instituições regionais (arquivos estaduais, departamentos

de terras etc.) também freqüentemente desprovidos de quaisquer facilidades técnicas. Por outro lado, o projeto deverá dimensionar o equipamento e pessoal indispensáveis à operação do Centro de Documentação em sua etapa primária (Museu do Índio) e secundária (sede da FUNAI, Brasília).

e) A FUNAI está consciente da complexidade e extensão das tarefas que incumbem ao Centro de Documentação. Considera que a viabilidade do Centro depende, fundamentalmente, do interesse e apoio que puder despertar em instituições interessadas no mesmo campo de conhecimentos. Como já vem fazendo em relação à pesquisa de campo com várias instituições universitárias e de pesquisa, a FUNAI se dispõe a examinar programas gerais ou específicos de colaboração no setor de documentação. Com o propósito de evitar duplicação de esforços, a FUNAI estaria interessada em receber informações ou propostas de associação a projetos de pesquisa sobre populações indígenas em arquivos nacionais (Bib. Nacional, Arq. Nacional, Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Arq. Histórico Itamaraty etc.), estaduais (Pará, Maranhão, Amazonas, Mato Grosso, Goiás, Bahia, etc.), municipais e particulares (missões religiosas, antigos servidores da Comissão Rondon ou do SPI etc.). Naturalmente a FUNAI tem grande interesse em informar-se de projetos relativos a arquivos estrangeiros relevantes para o conhecimento do índio brasileiro, embora não pretenda, pelo menos imediatamente, dedicar-se, de modo direto, à exploração dessas fontes.

f) Apesar da limitação das instalações e verbas disponíveis, o Museu do Índio tem procurado recuperar e desenvolver setores de interesse para a documentação indígena, como a biblioteca, o acervo de peças etnográficas, e as áreas de documentação visual e sonora. Além de recuperar e copiar a documentação cinematográfica que tinha sob sua guarda, o Museu organizou em 1975, em colaboração com o Museu de Arte Moderna, uma mostra do filme etnográfico. Promoveu também a exibição de alguns desses filmes na reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência em julho de 1975, em Belo Horizonte. Para a reunião da SBPC deste ano, em Brasília, além do simpósio "Brasil Indígena" sob a responsabilidade do coordenador do Centro de Documentação, pretende o Museu do Índio promover a exibição de novos filmes etnográficos, com o propósito de discutir questões

relacionadas com esta e outras formas de documentação da vida indígena. Graças ao apoio da UNESCO em larga medida assegurado pelo interesse do embaixador Paulo Carneiro — o Centro de Documentação do Museu do Índio tem participado de entendimentos e discussões, particularmente em relação ao filme etnográfico. Assim, numa reunião realizada no Panamá em começos do ano corrente, em que foi representado por seu diretor, o Museu do Índio assumiu o compromisso de elaborar o catálogo dos filmes etnográficos da América Latina, sob o patrocínio da UNESCO. O projeto do catálogo do filme etnográfico foi confiado à antropóloga Cláudia Menezes Paes, responsável pela cinemateca do Museu do Índio.

g) Como atividade preparatória à elaboração e implantação do projeto do Centro de Documentação, o Museu do Índio tem procurado ordenar e pré-classificar a documentação já recolhida. O trabalho está sendo realizado por estagiários do Museu do Índio, sob a responsabilidade do coordenador do projeto. O Museu do Índio acolhe atualmente cerca de 30 estagiários, alunos e graduados em Ciências Sociais. Três desses estagiários são bolsistas do CNPq e desenvolvem suas pesquisas com base no acervo do Centro de Documentação. Outros estagiários estão elaborando projetos para a solicitação de bolsas de mesma instituição. O Museu do Índio esforça-se, no momento, para contratar permanentemente um ou dois especialistas em documentação e arquivística para orientar tecnicamente as atividades do Centro de Documentação. A contratação desses técnicos parece indispensável, não só para a coleta de informações necessárias à montagem do projeto do Centro mas também para melhor ordenar a atividade dos estagiários do Museu. Embora necessariamente precária e limitada, esta atividade tem apresentado resultados práticos, fornecendo à FUNAI informações de importância para os seus programas de ação.

h) Entre as atividades programadas pelo Centro de Documentação inclui-se o setor de

publicações do Museu do Índio. Esta atividade foi iniciada com a série "Boletim do Museu do Índio", com três números publicados e um no prelo. Além desta série, o Museu do Índio pretende brevemente iniciar a edição da "Documentação Indigenista" que reunirá, em volumes seriados, a documentação mais relevante sobre um dos principais grupos indígenas brasileiros. Ao lado da óbvia importância cultural e científica do empreendimento, a publicação desta série pode representar um papel importante no esclarecimento e defesa dos problemas e interesses indígenas. Está sendo estudada também a publicação, no Boletim ou em série especial, de estudos etnohistóricos realizados com o acervo do Centro de Documentação ou com a colaboração do Museu do Índio. Prevê-se, também, com a implantação definitiva do Centro de Documentação, a publicação sistemática de catálogos da documentação própria, ou de outros arquivos, que tenha relevância para estudos etnológicos ou indigenistas. Estuda-se, também, a possibilidade de promover, com a participação de outras instituições e especialistas interessados, a publicação de bibliografias exaustivas sobre determinados grupos ou áreas indígenas. Este projeto poderia constituir a continuação e a ampliação do meritório trabalho de Herbert Baldus, *Bibliografia Crítica da Etnologia Brasileira*.

IV. CONCLUSÃO

Ao determinar a elaboração desse relatório sobre o estado atual do Centro de Documentação Etnológica e Indigenista do Museu do Índio, a FUNAI teve como objetivo principal fornecer às instituições interessadas uma visão objetiva do problema, tal como ele hoje se apresenta. Consciente de sua responsabilidade na preservação dessa documentação, a FUNAI tem a certeza de que pode e deve dirigir os encargos com a conservação, ampliação e utilização desse acervo com outras instituições, também interessadas na defesa e uso de um patrimônio cultural e científico de valor permanente.

Introdução

Este simpósio foi planejado com a finalidade de estimular o interesse e discussões sobre a integração da criança em seu mundo social, em particular de crianças que sofrem sérias desvantagens nesse processo de integração social. Falar em desvantagens pressupõe, evidentemente, um sistema de referências ou valores segundo o qual se define o que é integração social ótima e as vantagens e desvantagens com que o indivíduo conta para ter sucesso nesse processo de integração social. Schaffer (1971) define esse processo, que ele denomina socialização (termo que quisemos evitar) como "o processo pelo qual o indivíduo adapta seu comportamento às normas de conduta vigentes no grupo social do qual faz parte." A primeira pergunta que se impõe é a que grupo social estamos nos referindo? Talvez a ênfase dada no título "à integração da criança em seu mundo social", seja inadequada visto que o critério de sucesso ou fracasso do processo de integração é em geral formulado com respeito ao grupo social dominante, a cujos valores e normas o indivíduo tem de se adaptar para ser bem sucedido nessa sociedade. A criança pode, pois, sofrer desvantagens nesse processo de integração social porque provém de um grupo marginalizado frente à cultura e aos valores dominantes ou porque apresenta determinados déficits físicos ou mentais derivados ou não dessa marginalização social e econômica. O fato de que tais fatores atuam de forma a prejudicar o desenvolvimento da criança e do adulto e sua integração social já foi apontado

por vários pesquisadores. Uma análise crítica de tais estudos, porém, indica que grande parte deles se limita a investigar a correlação existente entre incidência de problemas sociais complexos como desnutrição ou marginalização cultural e o alto índice de fracasso da criança na escola, do adulto no emprego ou de ambos frente a situações-teste que exigem em geral a solução de problemas abstratos. Tais estudos são importantes, sem dúvida alguma, por apontarem as grandes causas ou os fatores mais óbvios envolvidos em cada caso, permitindo assim sugerir grandes soluções. Estas, entretanto, exigem em geral reformas de base na estrutura social do país, que não estão diretamente ao alcance do pesquisador social ou das pessoas que trabalham com os próprios sujeitos que sofrem com os problemas. É necessário, pois, complementar essa análise investigando em maior pormenor a ação e interação dos vários fatores que estão na origem ou que interferem no problema, para a elaboração de linhas de trabalho e pesquisa que possam contribuir de forma efetiva para melhorar alguns aspectos da integração social da criança desprivilegiada, a curto ou a longo prazo.

Pretendemos justamente propor alguns modelos de análise e métodos de pesquisa, sobretudo observacionais, que poderiam ser úteis nesse estudo.

A partir de uma avaliação crítica de programas com crianças desnutridas e da apresentação em forma de painel de alguns projetos realizados com crianças desprivilegiadas, gostaríamos de estimular uma discussão a respeito, na qual se procurariam utilizar alguns modelos de análise propostos nas apresentações.

* Simpósio realizado durante a 28.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em Brasília, em julho de 1976.

Integração recíproca indivíduo-meio e o progresso da integração social da criança

MARIA CLOTILDE ROSSETTI FERREIRA, Departamento de Psicologia e Educação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP.

O modelo de análise a ser apresentado parte do pressuposto de que a integração social da criança se faz através de um processo complexo de desenvolvimento, sobre o qual atuam e interagem múltiplos fatores.

Meu objetivo é apontar vários desses fatores, sugerindo as possíveis inter-relações existentes entre eles e os mecanismos pelos quais podem interferir sobre o desenvolvimento da criança e em sua integração ao mundo social, fornecendo assim um quadro geral que, além de servir de base para uma discussão a respeito do desenvolvimento da criança desprivilegiada, nos permita refletir juntos sobre possíveis linhas de pesquisa e de trabalho. Optei por esta abordagem mais ambiciosa, e necessariamente superficial do problema, por julgar que os projetos e estudos feitos até hoje têm muitas vezes falhado por partirem de uma análise parcial do problema a qual ditou com frequência formas inadequadas ou não eficazes de atuação.

Pensando em integração da criança em seu mundo social é necessário considerar as características desse mundo social que, durante os primeiros anos de vida da criança, é constituído primariamente pela família, pelo menos em nossa cultura ocidental. A integração social de um indivíduo, entretanto, é julgada em relação a um grupo social maior, ao que se denomina "sociedade", cujas normas, valores e padrões culturais nem sempre são partilhados pela família da criança, por serem determinados por uma camada social à qual essa família pode não pertencer. Aliás raramente se faz um julgamento da integração social propriamente dita. O que é habitualmente feito é uma análise da produção ou "performance" da criança diante de certas situações-teste, que exigem em geral solução de problemas abstratos. Os resultados nessas provas ou testes têm-se mostrado úteis no sentido de permitirem predizer o sucesso do indivíduo na vida adulta, pois aqueles que obtêm resultados altos parecem ser mais capazes

de produzir de acordo com as expectativas próprias da classe média-alta, enfrentando com vantagens a competição por empregos e se integrando melhor a um tipo de sociedade cujas normas são ditadas por essa classe social.

A criança de classe mais baixa evidentemente enfrenta com desvantagens tanto as situações-teste como essa competição. Poder-se-ia então supor que o problema está apenas no fato de a avaliação ser feita em situações que não correspondem à experiência pessoal das crianças de classe baixa, e que delas é exigida uma adaptação a valores e normas de conduta próprias de outro grupo social, e uma produção em atividades para as quais não foram treinadas. Esse raciocínio permite explicar em parte o desnível observado na performance acadêmica de diferentes grupos sócio-econômicos e se aplica mais especificamente a uma série de crianças de classes desprivilegiadas. Com relação a esses casos seria de esperar que, se as provas fossem desenvolvidas a partir da observação do que são capazes de fazer, ou então de um levantamento das habilidades que têm de possuir para serem bem sucedidas em seu próprio grupo social, tais crianças poderiam eventualmente obter resultados muito melhores, mesmo quando comparadas às de classe social média-alta. Poderiam também ter maior sucesso em atividades escolares, se o ensino fosse planejado com base nesse conhecimento, aproveitando-se melhor as habilidades que já possuem, a fim de ampliar seu repertório de comportamentos e de conhecimentos.

A meu ver, porém, falta ser analisado um aspecto do problema, bem mais sério e de difícil solução. O modelo de desenvolvimento que vou propor a seguir, pretende discutir esse aspecto, visando mostrar e analisar por que a criança de classes desprivilegiadas de baixo nível sócio-econômico enfrenta um risco muito maior de ter um desenvolvimento prejudicado e deficitário do que a criança de classe média ou alta.

Esse modelo propõe basicamente que:

1. para um desenvolvimento psicológico normal da criança é necessário o estabelecimento de uma interação *recíproca*, *sintônica* e *sincrônica* entre a criança e uma figura estável de seu mundo social. Essa relação pode se estabelecer com a mãe, pai, avós ou outros, mas para facilitar a apresentação vou me referir mais à mãe.

Cada um desses aspectos da interação já foram descritos em pormenor em trabalho anterior (Ferreira, 1976). Assim, a qualidade de reciprocidade implica que a relação não é unidirecional — da mãe para a criança — mas bilateral, pois a criança é um ser social capaz de participar ativamente nessa relação muito antes do que se supunha. Desde o início ela tem um comportamento organizado de forma individual, o qual irá determinar tanto sua maneira de responder aos cuidados dos familiares como poderá influenciar a natureza desse cuidado.

A sintonia, por sua vez, pode ser entendida por analogia ao sistema de emissão e recepção do rádio. Quando a mãe estabelece uma relação *sintônica* com a criança, ela é capaz de ir discriminando e percebendo pequenas modificações no comportamento da criança, adaptando então suas respostas com base nessa percepção.

Essa sintonia exige a existência de uma pessoa estável no ambiente da criança, disponível para estabelecer com ela uma relação *sintônica*. Por outro lado, ela pode ser perturbada quando o comportamento da criança é desorganizado e imprevisível, pois isso impede que o adulto perceba quando e como agir.

A sincronia se refere à alternância no tempo entre as respostas da criança e da mãe e implica num conceito de contingência no tempo. Isto é: quando há sincronia, o comportamento de um responde contingentemente após um intervalo de poucos segundos ao comportamento do outro e vice-versa. Nesse caso a criança tem a oportunidade de aprender que seu comportamento afeta de alguma forma o ambiente, aprendizado essencial ao seu desenvolvimento (Lewis e Goldberg, 1969).

Em condições favoráveis esse tipo de interação se estabelece e ocorre naturalmente em situações de rotina diária, quando o adulto alimenta ou cuida da criança ou quando brinca com ela. Nessas situações, se o adulto estiver disposto a fazer daquele momento mais do que a simples realização de uma rotina, inicia-se entre ele e a criança um tipo de jogo interativo

mutuamente reforçador, que exige certo aprendizado e adaptação de ambas as partes. Para que isso se dê são necessárias certas condições: que as pessoas com quem a criança estabelece esse tipo de interação sejam figuras estáveis do seu mundo social, estando em freqüente contato com ela; que essas pessoas estejam disponíveis para esse tipo de interação, o que exige que se relacionem com a criança percebendo e respondendo ao seu comportamento naquele momento. Evidentemente esse tipo de relacionamento não ocorre durante as 24 horas do dia, nem isso seria possível. Não está ainda estabelecido qual a freqüência ou duração mínima necessária para favorecer o desenvolvimento da criança, parecendo haver grandes variações individuais e modificações de idade para idade. Há evidências, porém, de que é mais importante ter poucos e curtos períodos de interação *recíproca*, *sintônica* e *sincrônica* do que estar exposto a longos períodos de contato não contingente. Aliás Starr (1971) em sua revisão e avaliação de vários programas de intervenção para acelerar o desenvolvimento de grupos de crianças desprivilegiadas comenta, entre outras coisas, que é mais importante ter poucos minutos de jogo interativo com a criança, em que seu comportamento é estimulado de forma contingente, do que longos períodos de estimulação não contingente, dada por meio de um ambiente bastante rico em estímulos. Esses poucos minutos de estimulação contingente seriam, segundo ele, uma forma de se modificar o comportamento de crianças criadas em Instituição.

2. A segunda proposição do modelo é a de que tanto fatores biológicos como sócio-econômicos e culturais interferem conjuntamente no processo de desenvolvimento da criança, contribuindo para criar o que os ingleses denominam de "ciclo de privação" (Department of Health and Social Security, 1974) e que a atuação desses fatores se dá através da interação *recíproca* que se estabelece entre a criança e as pessoas de seu meio ambiente. A influência desses fatores sobre a criança, a mãe ou pessoa do ambiente, ou sobre a interação entre ambas, se modifica a cada momento, pois essa interação tem de se fazer e refazer a cada instante, adotando novas formas à medida que as necessidades da criança se vão alterando e que o adulto (sua personalidade, atitudes, práticas educacionais e expectativas com relação à criança) vai se modificando.

Por isso é difícil conceber o desenvolvimento como um processo contínuo e homogêneo.

Seu ritmo pode ser mais intenso em determinadas fases e o encontro de alguns obstáculos ou condições desfavoráveis pode obrigá-lo a ralentar até superar essa condição ou encontrar outras alternativas, havendo por vezes recuperações súbitas e inesperadas.

Inspirada em parte no trabalho de Sameroff (1975) procurei esquematizar na figura 1 a in-

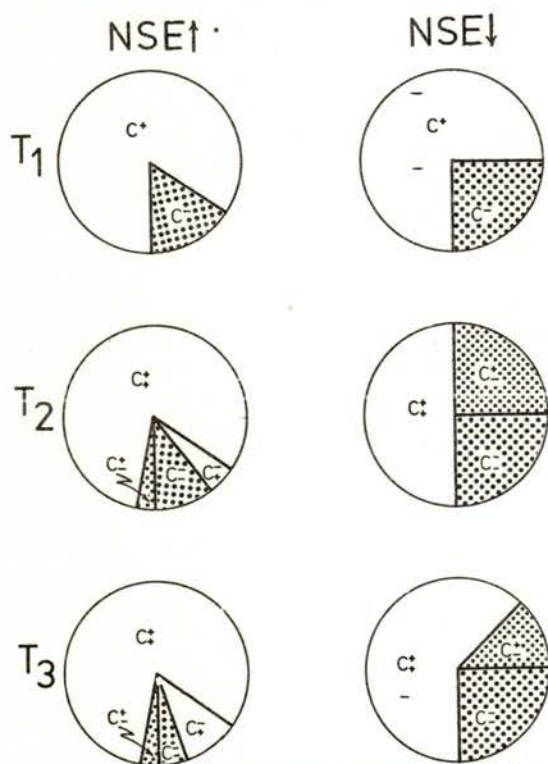


Figura 1. Modelo de desenvolvimento da criança considerando a influência de fatores biológicos e sócio-econômicos e culturais.

Os círculos à esquerda e à direita representam o desenvolvimento de crianças de nível sócio-econômico médio-alto e baixo respectivamente. O risco inicial de um desenvolvimento favorável ou desfavorável, determinado por fatores biológicos, está indicado pelo sinal positivo ou negativo colocado na extremidade superior da letra C. A superfície dos círculos ocupada por crianças C⁻ (parte pontilhada) não corresponde a uma probabilidade real, mas serve apenas para facilitar uma comparação da prevalência desse tipo de crianças num e noutro nível sócio-econômico. A performance média das crianças de cada grupo está qualificada pelo sinal positivo ou negativo localizado na extremidade inferior da letra C.

O sinal de cima indica, pois, o risco inicial que já aparece quando a criança nasce ou logo após (T1 círculos superiores), e o sinal de baixo qualifica a performance observada aos 3 anos (T2) e ao atingir a idade escolar (T3, círculos inferiores).

teração entre fatores orgânicos e ambientais em quatro combinações possíveis, indicando o curso de desenvolvimento provável desde o nascimento até a idade escolar de crianças sujeitas a cada uma dessas combinações.

Os fatores biológicos que atuam sobre a criança no período pré ou perinatal criam um determinado risco inicial de desenvolvimento favorável ou desfavorável (C⁺ e C⁻ respectivamente), representado nos dois círculos superiores do esquema. O da esquerda se refere a crianças que nasceram em famílias de nível sócio-econômico e cultural médio ou alto e o da direita às de baixo nível sócio-econômico. Assim C⁺ são crianças que apresentam ao nascer condições orgânicas favoráveis para um bom desenvolvimento, enquanto as crianças C⁻ são aquelas que, devido a fatores ou ocorrências perinatais, sofrem de malformações congênitas, paralisia cerebral, retardamento mental, déficits sensoriais ou outros, que condicionam um risco muito maior de desenvolvimento prejudicado ou deficitário. Devido a condições de saúde, alimentação e atendimento pré-natal e natal da mãe e da criança, há nas classes mais desprivilegiadas de baixo nível sócio-econômico uma maior incidência de problemas orgânicos, provocando um aumento relativo de crianças C⁻ (Birch & Gusson, 1970). Além disso, como mostrou a extensa revisão de estudos longitudinais feita por Sameroff e Chandler (1975), o prognóstico dessas crianças C⁻ é completamente diferente conforme a classe social e o nível sócio-econômico da família. Isto é, quando a "performance" das crianças X⁺ e C⁻ foi comparada através de uma série de situações-teste*, no decorrer das idades, verificou-se que no nível sócio-econômico baixo a diferença entre dois grupos tendia a se acentuar com a idade, as C⁻ apresentando um déficit cada vez maior com relação às C⁺. Nas crianças de nível médio ou alto dava-se exatamente o contrário. Essa diferença persistia, embora menos acentuada, até os 3 anos. Quando essas crianças atingiam a idade escolar, porém, já não era mais possível diferenciar seus escores dos de outras crianças desse nível, que não haviam apresentado problemas ao nascer. Portanto a continuidade do déficit das C⁻ dependia da influência de fatores sócio-econômicos que podiam seja acentuar, seja

* Lembrar aqui a ressalva feita anteriormente quanto à adequação desses testes ao grupo de crianças de baixo nível sócio-econômico.

neutralizar o efeito de ocorrências perinatais. Observando os círculos inferiores, que correspondem à idade escolar, verifica-se que no grupo de nível sócio-econômico médio-alto há um número considerável de crianças C^+ ou seja de crianças originalmente C^- que já alcançaram uma performance média igual a de crianças C^+ (identificadas no gráfico como C^+). Na classe baixa (círculo inferior à direita), a performance média das crianças que apresentavam problemas ao nascer tende a piorar, quando comparada com a média das crianças C^+ , permanecendo como C^- .

A análise desses resultados é muito difícil dada a complexidade da variável nível sócio-econômico, que na realidade compreende inúmeras outras variáveis. No grupo de nível sócio-econômico baixo, selecionado em geral segundo a profissão, salário e talvez nível educacional do pai, é de supor que atuem e interajam fatores complexos como baixo nível aquisitivo, chegando a condições de pobreza, grande pressão para a mãe trabalhar fora do lar mesmo que não conte com substituto adequado para cuidar da criança, maior incidência de doenças, inclusive desnutrição, acesso mais difícil aos recursos da comunidade, sobretudo àqueles que dão um atendimento médico especializado, maior incidência de desestruturação familiar, ocasionando maior frequência de separação e institucionalização da criança muitas vezes em condições precárias. Cada um desses fatores por sua vez pode por si só ter contribuído para a diferença ou correlação encontrada. É necessário porém compreender o mecanismo pelo qual atuam sobre a criança. Essa atuação, a meu ver, se dá ao nível da interação criança-mãe ou criança-pessoa ambiente, pelo fato de criarem condições que dificultam o estabelecimento ou a ocorrência de interações recíprocas, sintônicas e sincrônicas entre a criança que nasce nesse meio e os adultos que a cercam. Todos os fatores descritos atuam no sentido de tornar a mãe ou substituto menos disponível para entrar em sintonia com a criança, seja porque é obrigada a ficar por mais tempo separada dela, ausentando-se por longos períodos de casa ou deixando a criança ao encargo de outras pessoas ou instituições, seja porque sua atenção se acha polarizada pelos problemas que tem de enfrentar ou ainda porque as circunstâncias a deprimem de tal forma a torná-la menos capaz de perceber e responder contingentemente ao comportamento da criança. A criança C^+ nasce biologicamente mais equipada para esta-

belecer esse tipo de interação recíproca, mesmo em condições desfavoráveis. São em geral crianças ao mesmo tempo tranquilas e alertas, que estabelecem facilmente ritmos e horários. Elas respondem mais cedo com sorrisos e vocalizações à estimulação social, atraindo e reforçando os adultos a interagirem com ela, mesmo quando estes estão imersos em seus próprios problemas ou quando estão trabalhando conforme uma rotina pré-estabelecida, que nada tem a ver com o comportamento da criança. Dessa forma elas podem conseguir obter o mínimo de interação recíproca que necessitam para se desenvolver normalmente. Como veremos mais adiante, as condições podem ser tão desfavoráveis que algumas crianças C^+ acabam por ter seu desenvolvimento prejudicado (estão representadas no esquema como C^+). Quem mais sofre, contudo, é a criança C^- que por nascer com certos problemas orgânicos apresenta um tipo de comportamento imprevisível, ao qual a mãe ou substituto sentem dificuldade de se adaptar. São em geral crianças que demoram para estabelecer ritmos ou horários, trocando muitas vezes o dia pela noite. Seu limiar à estimulação ambiental é muito alto ou muito baixo, o que as torna seja apáticas, seja irritáveis, reagindo intensamente ao menor estímulo com choro contínuo e agitação. Um desenvolvimento favorável dessas crianças depende de um grande esforço por parte da mãe ou de outras pessoas do ambiente, exigindo para isso uma disponibilidade muito grande para perceber quando e como agir com essa criança, de forma a estabelecer com ela, pouco a pouco, uma interação recíproca, sintônica e sincrônica. Essa disponibilidade, como já foi referido, raramente existe nas famílias de baixo nível sócio-econômico, sobretudo naquelas que vivem sob a pressão das grandes cidades. Dessa forma se explica por que a deficiência dessas crianças tende a se acentuar com a idade, com poucas ou nenhuma chance de recuperação. Já o ambiente humano e material e as condições de vida do grupo de nível sócio-econômico médio-alto, embora não sejam homogêneas, oferecem maiores possibilidades para um desenvolvimento favorável mesmo de crianças C^- . Diante de uma criança difícil e imprevisível, a família de classe média tem mais condições para compensar essa dificuldade por haver maior disponibilidade por parte seja da mãe seja de outras pessoas, para darem a essa criança o atendimento que necessita para se desenvolver. Essa correção, porém, só é possível num atendimento individualizado, em que

o adulto seja capaz de perceber os mínimos comportamentos adequados da criança, respondendo contingente e apropriadamente a eles. Mesmo quando a mãe ou os familiares não conseguem dar à criança esse cuidado individualizado, eles têm maior possibilidade de contar com auxílio substitutivo (tipo pajem) ou podem recorrer a profissionais para que atendam à criança e/ou familiares, orientando-os sobre como contribuir para um melhor desenvolvimento da criança. O desenvolvimento dessas crianças pode ser descontínuo, mas as possibilidades de recuperação ou correção dos déficits são muito maiores, justificando os resultados descritos por Sameroff e Chandler (1975). É evidente que se o déficit inicial for muito profundo, haverá uma recuperação limitada, mas a performance média dessas crianças C^- tende a se aproximar cada vez mais daquela observada no grupo de C^+ do mesmo nível sócio-econômico e cultural.

Até agora analisei três cursos possíveis de desenvolvimento: (1) o de C^+ ou seja de crianças que nascem com condições orgânicas favoráveis e que têm um bom desenvolvimento, isto é, cuja performance permanece boa no decorrer das idades. (2) de C_+ , isto é, de crianças que nasceram com problemas de ordem biológica, mas cujo desenvolvimento foi bom, chegando a apresentar uma performance próxima da média de C^+ . (3) de C^- , constituído por crianças que nasceram com problemas e cuja evolução foi desfavorável.

Resta-nos analisar os cursos de desenvolvimento de C^+ , isto é, de crianças que, apesar de apresentarem condições favoráveis ao nascer, não se desenvolveram como seria de esperar, demonstrando aos três anos ou em idade escolar uma performance que se assemelha à das crianças C^- . Esse curso de desenvolvimento é mais comum no grupo de baixo nível sócio-econômico, podendo ter causas tanto biológicas como psicológicas. As condições de vida do grupo de baixo nível sócio-econômico o tornam mais vulnerável a doenças de vários tipos, sendo que o atendimento médico com que pode contar é extremamente precário. Isso provoca não apenas um aumento de índice de mortalidade infantil, como também o risco de seqüelas orgânicas que podem causar o aparecimento de outras crianças C^- . A própria desnutrição, que incide com freqüência nesse grupo, mesmo que não provoque alterações orgânicas irreversíveis, altera o comportamento da criança, tornando-a mais apática e irritável, com um tipo de relacionamento com o ambien-

te mais próximo das crianças C^- , o que prejudica evidentemente a performance dessas crianças. Por outro lado, certas situações de vida, também mais comuns nesse nível sócio-econômico, podem agir sobre o comportamento da criança de forma tão adversa e contínua em fases em que a criança está mais vulnerável a problemas, que chegam a prejudicar o desenvolvimento de crianças C^+ . É o caso, por exemplo, de experiências sucessivas de separação dos pais, sem condições ou cuidado substitutivo adequado, durante os primeiros anos de vida. As crianças criadas em creches, orfanatos, ou outras instituições, por exemplo, são muitas vezes submetidas a condições de privação de estímulos. Mas mesmo que esse ambiente seja rico em estímulos, falta-lhes, em geral, uma estimulação individualizada que seja fornecida de forma contingente ao comportamento que ela está apresentando naquele momento. As pessoas que cuidam dela nessas instituições trabalham habitualmente num sistema de rodízio e de acordo com um esquema de horário pré-estabelecido, o qual visa a uma maior eficiência no trabalho, nada tendo a ver com o comportamento que a criança emite a cada momento. Essas condições dificultam o estabelecimento de uma interação recíproca entre criança e pessoa-ambiente e não criam a oportunidade para que ela perceba que seu comportamento produz algum efeito sobre o ambiente. Esse aprendizado é fundamental para seu desenvolvimento, pois é a partir dele que a criança se torna capaz de adaptar e modificar seu comportamento conforme a reação ("feed-back") que recebe daqueles que a cercam. Em tais situações já foi demonstrado haver um retardo no desenvolvimento da criança que a meu ver será mais ou menos acentuado, conforme se trate de crianças que nasceram como C^- e C^+ respectivamente.

Terminada a descrição dos quatro cursos possíveis de desenvolvimento baseada no modelo de análise apresentado, eu gostaria de resumir as duas idéias fundamentais sobre as quais se baseia o modelo proposto.

O primeiro pressuposto é o de que, para o desenvolvimento e a integração da criança no mundo social, é imprescindível que essa criança tenha a oportunidade de estabelecer uma interação recíproca, sintônica e sincrônica com alguma pessoa de seu ambiente social, e que para tal é necessário que haja, nesse ambiente social, alguma pessoa estável e com disponibilidade para estabelecer esse tipo de relacionamento com a criança.

A segunda proposição, que de certa forma decorre da primeira, é de que a influência dos fatores biológicos e sócio-econômicos e culturais, que interferem no processo de desenvolvimento da criança, se dá através dessa interação.

Esse modelo supõe, pois, que qualquer trabalho prático terá de atuar direta ou indiretamente sobre essa interação, seja num sentido preventivo, afastando condições que impeçam seu estabelecimento ou criando condições que facilitem sua ocorrência, seja num sentido terapêutico, atuando sobre ou através dessa interação, no sentido de facilitar o desenvolvimento e a integração social do indivíduo.

Pensando em termos preventivos, uma atuação mais efetiva implicaria em melhorar as condições de vida dos grupos de classe mais baixa pois, como vimos, a pobreza, a fome e a doença são fatores que impedem o estabelecimento desse tipo de interação. Há, porém, vários níveis de atuação possível. Antes de finalizar vou citar apenas um, como exemplo. Cada situação vai evidentemente requerer ou permitir um tipo diferente de atuação. É possível, por exemplo, pensar na organização ou reorganização de uma creche de forma a criar, dentro das condições econômicas e de pessoal existentes, oportunidades para que haja um contato mais individualizado entre as crianças e o pessoal que cuida mais diretamente delas. Trata-se com frequência de pequenas modificações na organização e distribuição de tarefas e horários do pessoal, que podem surtir bastante efeito, sobretudo quando acompanhadas de treinamento do pessoal atendente. Contudo elas não podem ser impostas de fora para dentro.

Aqui a perspectiva da "Action-research", que será discutida pelo dr. Peter Spink em sua apresentação, é extremamente importante. Mudar uma realidade complexa não é fácil e implica em trabalhar com o grupo de pessoas que participa no dia a dia dessa realidade. Só elas poderão mudar estruturalmente o funcionamento da instituição. O papel do psicólogo ou do profissional que trabalha nesse campo, terá de ser quase o de um assessor, que

observa e analisa as peculiaridades de cada situação, discute o resultado dessa análise com o pessoal envolvido na situação e procura propor-lhes mudanças, podendo, se eles assim o desejarem, auxiliá-los a implantá-las. Trata-se, pois, de um trabalho lento e a longo prazo, que requer por parte do profissional o estabelecimento de uma relação recíproca, sintônica e sincrônica com o pessoal da instituição a qual lhe irá permitir perceber a cada momento quando e como agir.

REFERÊNCIAS

- Birch, H. & Gussow, G. D., 1970. *Disadvantaged children*. Grune & Stratton, N. Y.
- Department of Health and Social Security. 1974 a. *The family in society: I. Preparation for parenthood*. Her Majesty's Stationery Office, Londres.
- Department of Health and Social Security. 1974 b. *The family in society: II. Dimensions of parenthood*. Her Majesty's Stationery Office, Londres.
- Ferreira, M. C. R., 1976. Interação Familiar: sua contribuição para o desenvolvimento normal ou patológico da criança. *Revista pediatria moderna*. No prelo.
- Lewis, M. & Goldberg, S., 1969. Percentual-cognitive development in infancy: a generalized expectancy model as a function of the mother-infant interaction. *Merrill-Palmer quarterly*, 15, 81-100.
- Sameroff, A. J., 1975. Early influences on development: fact or fancy? *Merrill-Palmer quarterly*, 21, 267-293.
- Sameroff, A. J. & Chandler, M. J., 1975. Reproductive risk and the continuum of caretaking causality. In F. D. Horowitz, M. Hetherington, S. Scarr, Salapatek & G. Siegel (Eds) — *Review of child development research vol. 4*. University of Chicago Press.
- Schaffer, H. R., 1971. *The growth of sociability*. Penguin Books, Londres.
- Starr, R. H., 1971. Cognitive development in infancy: assessment, acceleration and actualization. *Merrill-Palmer quarterly*, 17, 2, 153-186.

Fatores que interferem no processo de integração social da criança desnutrida e marginalizada culturalmente

THEREZA PONTUAL DE LEMOS METTEL, Universidade de Brasília, DF.

Os objetivos desta apresentação são principalmente resumir e discutir as sugestões e conclusões dos estudos e pesquisas mais recentes na área, pois a exigüidade de tempo não permitirá um aprofundamento maior. Também não nos ocuparemos de definições, pois elas serão dadas em outros trabalhos deste simpósio.

Iremos discutir apenas alguns aspectos da socialização da criança, principalmente os etológicos e ecológicos, levantar os tipos de carenciamento, propor linhas de pesquisas e de estudo e tentar interessar profissionais e estudantes de psicologia pela área.

Considerando as muitas limitações de um trabalho deste tipo alertamos o leitor para o fato de que ele não pretende ser exaustivo, não discutirá teorias, não dará respostas feitas, e às vezes poderá pecar pela falta do detalhe e pela generalização.

FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO DE SOCIALIZAÇÃO

O próprio título do trabalho nos leva à pergunta mais importante — quais são os fatores que interferem na socialização destas crianças?

O primeiro fator é a subnutrição. Os seus efeitos já têm sido muito estudados, principalmente sob o ponto de vista biológico, bioquímico e do desenvolvimento cerebral. A subnutrição precoce leva entre outras coisas a uma diminuição do tamanho do cérebro, à exposição fácil a doenças infecto-contagiosas e ao retardo no desenvolvimento geral da criança — físico e mental.

Os outros fatores são de caráter psico-social e podem se classificar como relativos (1) ao tipo de contato da criança com o adulto e com outras crianças; (2) ao estilo, à qualidade e à

variedade destes contatos; (3) à comunicação verbal, social e lúdica; (4) à desagregação sócio-cultural desta família onde o abandono parece ter se tornado uma característica crônica; e finalmente (5) a uma estimulação marcada por um empobrecimento geral.

Estes fatores levam a alterações no comportamento que iremos estudar a seguir. É interessante notar que, nos estudos com animais submetidos a privações alimentares e ambientais, experimentalmente planejadas desde a gestação, há também alterações marcantes no comportamento (Frankova, 1973). Isto se dá principalmente no comportamento exploratório empobrecido e na diminuição do nível de competência para lidar com o meio ambiente.

Características de comportamento de crianças subnutridas e carenciadas socialmente

De acordo com os estudos analisados para este trabalho uma das características de comportamento mais marcantes nestas crianças são a apatia ou a hiperexcitabilidade. Ora tanto uma como outra levam a um problema de atenção. Este, por sua vez, conduz a problemas de adaptação, a dificuldades em responder aos estímulos e a permanecer com os estímulos.

Barry Lester (1976) identificou diferenças na adaptação dos batimentos cardíacos entre bebês normais e subnutridos. Com um planejamento experimental adequado ele mostrou que o problema se situava ao nível de *recepção* ao estímulo, isto é, era um problema de *atenção*.

Estes problemas, então, afetam a criança que se torna hábil e instável ou mais lenta e quieta. Há uma baixa na aprendizagem, na curiosidade e no comportamento exploratório. O afeto também se apresenta deprimido. Assim, o relacionamento social fica prejudicado desde os primeiros meses de vida continuando

durante aquela fase da infância considerada a mais importante segundo os estudos de White e Watts (1973) e Clark-Stewart (1973) e que vai dos nove aos dezoito meses.

Esta apatia também tem causas metabólicas. Realmente, a criança não tem energia e, por exemplo, dorme mais. Ora, a criança que dorme muito tem um relacionamento diferente com a mãe. Isto é, ela exige menos, pede menos, inicia menos contato. A mãe, por seu lado atende menos, é menos eficiente na sua tarefa de mãe.

Vários estudos já revelaram que na criança normal grande parte dos contatos é por ela iniciado. É ela que chama a mãe, pede, grita, corre. A criança carentiada parece "esperar" que os outros iniciem o contato com ela e quando isto não se dá ela fica como que abandonada.

O que discutimos até agora mostra que, no caso de uma criança subnutrida, a mãe ou a sua substituta teria que ser *mais eficiente* como fonte de estimulação. O que acontece, no entanto, é justamente o contrário por causa do empobrecimento geral e da falta de recursos. A mãe é *menos eficiente* com relação à criança, e os problemas se agravam à proporção que a criança cresce. O relacionamento com adultos e outras crianças continua imaturo e é comum ver uma criança que se agarra muito ao adulto ou se isola.

No caso de crianças institucionalizadas o estudo que estamos realizando em Brasília revelou que para bebês de menos de um ano o adulto *não* é um estímulo significativo. Elas prestam mais "atenção" a um objeto do que a um adulto.

Parece que o apego afetivo (*attachment*) e a autonomia destas crianças também estão prejudicados.

O desenvolvimento atípico da autonomia das crianças subnutridas precisa ser mais estudado, como também o abandono afetivo a que estão expostas, principalmente por falta de adultos em casa durante a maior parte do dia e da semana. Elas são geralmente entregues aos cuidados de outras crianças e quando estas são também pequenas não dão ao infante a necessária estimulação (Zajonc, 1975).

Para completar, quando se fala do problema da autonomia e da competência da criança carentiada é importante considerar o fato de que ela deveria *saber* que pode agir

sobre o ambiente. Mas a diminuição de estímulos contingentes às respostas da criança leva a uma diminuição dos comportamentos instrumentais e ao empobrecimento do seu repertório com reflexos no nível de competência.

Chegou o momento de chamar a atenção dos psicólogos do desenvolvimento para as implicações da teoria do "locus of control" de Rotter, que pode ajudar na compreensão de problemas de percepção de competência e autonomia. Também, perguntas como "Será que eu posso mudar o próprio ambiente?" ou "Será que eu estou completamente sob a ação deste ambiente?" devem preocupar, principalmente após os estudos de Seligman sobre a síndrome chamada *learned helplessness* (Seligman, 1975; Dweck e Repucci, 1973 e Dweck, 1975).

Quando estudamos as crianças carentiadas parece que elas revelam uma incapacidade de mudar qualquer coisa. Elas parecem em geral dependentes, passivas e incompetentes, justamente porque não sentem que há estímulos contingentes às suas respostas. São crianças que não foram reforçadas o suficiente durante os primeiros anos de vida. Então, a percepção do controle é atípico.

Finalmente, terminando esta visão sumária, concluímos que a estimulação deficiente do meio ambiente leva a um repertório comportamental empobrecido e a emoções atípicas. Essas crianças são às vezes agressivas, sujeitas à raiva e às dificuldades de estabelecer um relacionamento estável com as pessoas ao seu redor.

Há muitos pesquisadores e autores estudando estes fatores atualmente. Eles vêm dos Estados Unidos, da América Latina e da Europa. Entre outros, vou citar Christiansen (1974) que descreveu um modelo de desenvolvimento em que, como num ciclo, o que afeta a criança volta por sua vez a afetar a família. Portanto, a criança que tem um desenvolvimento atípico por causa da subnutrição, o que leva a um empobrecimento do repertório, age por sua vez sobre a família e a empobrece.

Então ela não recebe e também não dá. Frankova, da Tchecoslováquia, também encontrou num estudo com ratos uma situação semelhante.

Clark-Stewart (1973) numa revisão muito boa publicada na *Monographs of Child Development* sobre problemas de subnutrição, carência e desenvolvimento social mostrou que,

no caso do desenvolvimento sensorial e motor, se a criança puder andar e se movimentar, o desenvolvimento é feito sem ou apesar da ajuda de outras pessoas. Mas o desenvolvimento social precisa de uma estimulação especial e só pode ser dado por uma outra pessoa.

Isto é muito importante saber quando se planeja um programa de suplementação alimentar. A criança alimentada irá se desenvolver fisicamente, irá se movimentar, andar, etc. Mas as habilidades sociais precisam de maior cuidado, pois não basta a atividade espontânea da criança. Portanto, não é sem razão que Frankova chama a atenção para os cuidados especiais que devem cercar os programas de desenvolvimento sensorial e de estimulação social que devem contar com estes achados. Zajonc (1975), num trabalho recente e comentado pelo *Monitor* de julho de 1976, chama atenção para o problema que o pequeno intervalo entre os filhos traz para as famílias pobres. Após dar à luz a 6 ou 8 filhos a mãe se encontra sobrecarregada e debilitada. Portanto, ela tende a deixar o encargo das crianças mais novas às crianças mais pequenas. Isto faz com que não tenham o apoio e a estimulação adequada contingentes às suas respostas. Assim a linguagem e desenvolvimento social da criança são prejudicados.

Barbara Tizard (1975) analisa os efeitos da privação e diz que são cumulativos. Eles vão atingindo a criança de um modo que ainda não sabemos e aos poucos essa privação social, esse relacionamento atípico pode levar a uma inadaptação mais séria mais tarde.

Finalmente, Chavez (1974) num estudo feito no México mostrou que uma melhora na nutrição é seguida de uma melhora real no nível de atividade da criança. Essa melhora leva a criança, por si, a procurar suprir as suas necessidades, mas não é suficiente às pertinentes ao desenvolvimento social.

Fato semelhante é revelado pelo estudo de pré-escolares realizado em Harvard e relatados por White e Watts. Eles relacionam o desenvolvimento da competência da criança com a qualidade do *mothering*, isto é, da qualidade e do estilo dos cuidados maternos. Não é só a quantidade, mas a maneira de dar. Nos casos estudados eles descobriram que a mãe atendia à criança, assim — “ela está precisando de alguma coisa?, então eu dou”, mas faltava aquele relacionamento pessoal com a criança, muitas vezes, face a face. É verdade que estas mães não tinham tempo de fazê-lo. É verdade

que isto também acontece nas famílias de classe média e alta, onde as crianças são, às vezes, entregues às empregadas. Então a privação social não é só de crianças subnutridas.

Com relação à apatia, Craig (1975) diz ser ela muitas vezes de origem metabólica, mas nem por isso deixa de afetar a ligação emocional, que mais tarde pode determinar as características de relacionamento pessoa a pessoa.

Ainda com relação ao problema dos cuidados maternos, cumpre ressaltar com Clark-Stewart que muitas vezes é a criança subnutrida, com problemas por causa do ambiente, que é abandonada pela mãe que precisa trabalhar. Esta mãe, ela própria também subnutrida, não é capaz de atender às necessidades da criança. Cria-se então a síndrome chamada de “rejeição materna” que leva a comportamentos negativos, ao afastamento da mãe, ao isolamento e à agressão ao meio ambiente. A mãe, nestes casos, não opera como a mediadora que ela deve ser (Kathleen Bloom, 1975 e Craig, 1975). Então, estamos diante de um problema muito sério. E o que fazer? Ross e Parke (1976) no último artigo que escreveram no *Merrill-Palmer quarterly*, Milton Senn e também Joaquim Cravioto, na Suécia, há dois anos, fizeram a seguinte pergunta: Deve a pesquisa sobre subnutrição e seus efeitos no desenvolvimento e sobre as relações entre nutrição e desenvolvimento social ter relevância social imediata?

Este é o problema que irei, agora, tratar. Cravioto e Frankova, entre outros, chamam atenção para os problemas das pesquisas nesta área. Estas pesquisas devem ser: (1) *multidisciplinares*, é preciso imediatamente juntar esforços com outras equipes; (2) deve haver uma *integração* imediata da pesquisa experimental com a de campo; (3) deve-se procurar resolver os problemas *metodológicos* e da *comunicação* dos estudos e pesquisas. Deve haver uma definição mais apropriada e correta das variáveis nutricionais, como das variáveis ambientais e psicológicas. Por exemplo: poucos são os autores que se dão ao cuidado de especificar o que é a suplementação alimentar citada em seus artigos. Então, torna-se difícil comparar os estudos e utilizar seus resultados. Sugere-se o uso de definições operacionais bem cuidadas como também o uso de metodologia observacional. Os relatos de pesquisa devem dar condições ao leitor de entender o procedimento e de obter detalhes dos instrumentos de pesquisa. É neste ponto que White e Watts merecem um elogio

ao publicarem em livro tanto os resultados da pesquisa sobre o pré-escolar como todos os instrumentos utilizados na pesquisa. Nós precisamos disto. Não adianta fazer um resumo muito sucinto para apresentar em simpósio; (4) Por fim, as pesquisas devem procurar identificar o que é realmente *relevante* ao *desenvolvimento social* da criança (R. Parke, 1976). É evidente que para isto precisamos estar em constante contato com os psicólogos do desenvolvimento. Precisamos saber por meio de técnicas de observação de campo como realmente se dá este desenvolvimento, acompanhando as práticas de estimulação e educação nas várias famílias e comunidades e subculturas. É preciso fazer um estudo de base, praticamente epidemiológico. Como são estas práticas? Que tipo de estimulação social e sensorial a família oferece às crianças? Como é a criança que vive no interior de Mato Grosso? Como é que ela se desenvolve? E isso, para que? Para quando formos instituir nossos programas de estimulação social e sensorial sermos capazes de adaptá-los às necessidades e características e aos padrões locais em lugar de estarmos transferindo nossos padrões. Há nesta posição um problema ético e de viés na pesquisa. É preciso ter cuidado com as imposições da maneira de ver do cientista, geralmente da classe média, nas variáveis que ele está estudando. Esta advertência também nos vem de Cravioto, após longos anos de estudo de populações marginalizadas.

É importante também saber como acontece a socialização nas áreas rurais e na cidade industrializada. Então, estaremos em condições de responder à pergunta: O que pode ser utilizado, aproveitado no Brasil das pesquisas feitas no estrangeiro? Há muitas pesquisas sobre este tema feitas em Cali, Colômbia, no México e na África. Algumas delas já estão sendo feitas no Brasil. Precisamos de mais estudos interculturais e de estudos brasileiros. Precisamos inventariar as deficiências sociais e de aprendizagem das crianças brasileiras nutridas e subnutridas e de várias classes sociais. Ora, se há uma relação de subnutrição com o desenvolvimento ambiental e social precisamos de dados epidemiológicos e ecológicos. Depois, teremos que testar as variáveis em estudos mais controlados, no laboratório se possível. Também, deve ser nossa tarefa desenvolver técnicas de medidas psicológicas e de avaliação do comportamento mais válidas e adaptadas ao nosso meio. Já passamos da fase da aplicação sistemática do Gesell em estudos de subnutrição.

Então, será interessante, inclusive estudarmos melhor a percepção de crianças de baixa idade, como Barry Lester aliás já está fazendo, e vermos o que pode ser generalizado do laboratório para o ambiente natural.

A seguir iremos rever algumas sugestões de pesquisas nesta área. Riciutti (1974), por exemplo, sugere o exame simultâneo dos efeitos da suplementação alimentar e da experiência social e sensorial da criança. Isto é de difícil execução e de metodologia ainda em estudos. É fácil dar alimentação suplementar à criança, é muito difícil acompanhar os efeitos desta suplementação. Se ela é dada em centros especiais, é claro que essa criança é tratada de um modo diferente daquela que não recebe a suplementação alimentar. Portanto, os resultados não são só devidos à suplementação, e isto alguns estudos não têm considerado.

Mellander sugere que o estudo das condições em relação à estimulação materna da criança marginalizada deve ser feito comparando-se a criança da zona rural com a da urbana. Nós sabemos que na própria zona urbana há vários tipos de culturas desde as mais estruturadas e constituídas até a das áreas periféricas formadas por imigrantes recém-chegados. É neste tipo de estudo que precisamos andar mão a mão com os sociólogos e antropólogos culturais. Jack Tizard propôs que os estudos de intervenção sejam mais bem realizados, não só para reduzir a subnutrição e a carência, como também para que se possa, realmente, avaliar seus resultados. É de lastimar que na maioria destes estudos os psicólogos não colaboraram ou o fizeram em caráter precário.

Finalmente McKay e McKay (1974) que fizeram um estudo muito interessante em Cali, Colômbia, lembraram que existem problemas muito sérios nos programas de estimulação e de enriquecimento sensorial, que ainda não foram equacionados. Segundo eles há dois tipos de programas em andamento; um é do tipo formal no qual a criança é submetida a um programa bem estruturado, e o outro, informal. Mas ambos os programas precisam ser bem planejados. Nós precisamos conhecer os detalhes destes programas, suas vantagens e desvantagens, e que tipo de programa seria mais realista para nossas condições.

Também, na programação da estimulação sensorial e social deve-se ter em vista as diferenças de aprendizagem já citadas neste trabalho. É mais difícil fazer e dar um programa de estimulação social do que um puramente sensorial.

De acordo com Milton Senn (1975) precisamos tomar muito cuidado quando ditamos normas para a educação de crianças porque ainda não sabemos o suficiente sobre a psicologia do desenvolvimento. É então que a nossa atitude como pesquisadores, deve ser humilde. É verdade que já temos muito a dar, mas ainda temos muito que aprender quando formos ensinar às mães. E ao instalarmos alguns programas nos centros de puericultura, eles devem contar com a participação ativa da comunidade.

O tipo de pesquisa que precisamos neste caso pode ser chamada de "Pesquisa de Ação" ou "Action Research" sobre a qual o colega inglês Peter Spink irá falar.

Nossos planos de pesquisa devem contar com a investigação básica envolvendo pesquisas de campo e experimentos de laboratório. Ao mesmo tempo é preciso fazer a aplicação imediata dos conhecimentos obtidos no desenvolvimento de programas para estimulação social e sensorial nos centros da comunidade, utilizando-se neste processo as próprias mães, atendentes e pessoal local. Os resultados destes programas devem, por seu lado, ser constantemente avaliados, realimentando, assim, a cadeia de estudos básicos.

Assim, a inter-relação entre estes tipos de programas, entre a experimentação e os estudos de campo, poderá ser uma realidade. Resta-nos interessar os psicólogos e os estudantes de psicologia para essa área, principalmente nos seus aspectos preventivos.

REFERÊNCIAS

- Bloom, Kathleen, 1975. Social elicitation of infant vocal behavior. *Journal of experimental child psychology*, 20: 51-58.
- Bloom, K. and Esposito, A., 1975. Social conditioning and its proper control procedure. *Journal of experimental child psychology*, 19: 209-222.
- Casler, Lawrence, 1975. Supplementary auditory and vestibular stimulation: Effects on institutionalized infants. *Journal of experimental child psychology*, 19: 456-463.
- Clark-Stewart, K. A., 1973. Interactions between mothers and their young children: characteristics and consequences. *Monographs of the society for research in child development*, Serial N.º 153, 38, N.ºs 6-7.
- Chavez, A., Martinez, C. and Yaschine, T., 1974. The importance of nutrition and stimuli on child mental and social development. In Cravioto, J., Hambraeus, L., and Vahlquist, B. *Early malnutrition and mental development*. Estocolmo, Suécia: Almquist and Wiksell, pp. 211-225.
- Craig, T. R., Starr, R. H., Pallas, J., Whitten, C. F. and Reed, V., 1975. Nutrition response-contingent stimulation and the maternal-deprivation syndrome: Results of an early intervention program. *Merrill-Palmer quarterly*, 21: 45-53.
- Cravioto, J., Hambraeus, L. and Vahlquist, B., 1974. *Early malnutrition and mental development*, Estocolmo, Suécia: Almquist and Wiksell.
- Christiansen, N., Vecori, L., Mora, J.O. and Wagner, M., 1974. Social environment as it relates to malnutrition and mental development. In Cravioto, J., Hambraeus, L. and Vahlquist, B., *Early malnutrition and mental development*. Estocolmo, Suécia: Almquist and Wiksell, pp. 186-199.
- Dweck, C.S., 1975. The role of expectations and attributions in the alleviation of learned helplessness. *Journal of personality and social psychology*, 31: 674-685.
- Dweck, C. S. and Repucci, N. D., 1975. Learned helplessness and reinforcement responsibility in children. *Journal of personality and social psychology*, 31: 674-685.
- Forehand, R. and Baumeister, A.A., 1971. Rate of stereotyped body rocking of severe retardates as a function of frustration of goal-directed behavior. *Journal of abnormal psychology*, 78: 35-42.
- Frankova, S., 1974. Interaction between early malnutrition and stimulation in animals. In Cravioto J., Hambraeus, L. and Vahlquist, B., *Early malnutrition and mental development*. Estocolmo, Suécia: Almquist and Wiksell, pp. 202-209.
- Klein, R.E., Habicht, J.P. and Yarbrough, C., 1971. Effect of protein calorie malnutrition on mental development. *Advances in pediatrics*, 61: 1307-1324.
- Klinger, E., 1975. Consequences of commitment to and disengagement from incentives. *Psychological review*, 82: 1-25.
- Lester, Barry M., 1976. Spectrum analysis of the cry sounds of wellnourished and malnourished infants, *Child development*, 47: 237-241.
- Libet, J.M. and Lewinsohn, P.M., 1973. A concept of social skill with special reference to the behavior of depressed persons. *Journal of consulting and clinical psychology*, 40: 304-312.
- McKay, H., McKay, A. and Sinisterra, L., 1974. Intellectual Development of malnourished pre-

- school children in programs of stimulation and nutritional supplementation. In Cravioto, J., Hambraeus, L. and Vahlquist, B., *Early malnutrition and mental development*. Estocolmo, Suécia: Almquist and Wiksell, 226-227.
- Parke, R. D., 1976. Social cues, social control, and ecological validity. *Merrill-Palmer quarterly*, 22: 111-123.
- Parton, D. A., 1976. Learning to Imitate in Infancy. *Child development*, 47: 14-31.
- Riciutti, H.N., 1974. Assessing the interaction of nutritional and socio-environmental influences on development. In Cravioto, J., Hambraeus, L. and Vahlquist, B., *Early malnutrition and mental development*, Estocolmo Suécia: Almquist and Wiksell, pp. 182-185.
- Ross, H.S., 1974. The influence of novelty and complexity on exploratory behavior in 12-month-old infants. *Journal of experimental child psychology*, 17: 436-451.
- Schaffer, H.R. and Emerson, P.E., 1964. The development of social attachments in infancy. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Serial No. 94.
- Schaffer, H.R. and Emerson, D. E., 1964. Patterns of response to physical contact in early human development. *Journal of child psychology and psychiatry*, 5: 1-13.
- Seligman M. E. P., 1975. *Helplessness*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Senn, J. E. M., 1975. Insights on the child development movement in the United States. *Monographs of the Society for Research in Child Development*. No. 161, 40, Nos. 3-4.
- Tizard, B., Philips, J. and Plewis, I., 1976. Staff behaviour in pre-school centers. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17: 21-33.
- Tizard, Barbara and Reed, J., 1975. The effect of early institutional rearing on the behavior problems and affectional relationship of four-year-old children. *Journal of child psychology and psychiatry*, 16: 61-73.
- White, B.L. and Watts, J.C., 1973. *Experience and environment*. Vol. I. E. Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Yarrow, M.R. and Waxler, C.Z. and others, 1976. Dimensions and correlates of pro-social behavior in young children. *Child development*, 47: 118-125.
- Yussen, S.R. and Levy Jr., V.M., 1975. Effects of warm and neutral models on the attention of observational learners. *Journal of experimental child psychology*, 20: 66-72.
- Zajonc, R. B. and Markus, G.B., 1975. Birth order and intellectual development. *Psychological Review*, 82: 74-88.

Aims and methods in studying behavioural development in children

PETER K. SMITH, Department of Psychology, University of Sheffield, Sheffield, England.

In this talk I intend to discuss our aims in studying development in children, what we mean by the terms *disadvantage* and *deprivation* in development, and methodologies by which to approach such broad problems. I shall start, however, by taking a broad look at the tasks of childhood, in terms of man's biological and cultural evolution.

It has been said that man is a cultural animal. By this it is meant that the human species is a product not only of biological, but also of cultural evolution. *Culture* and *cultural* here mean, not novels and symphony orchestras, nor the norms of high society, but rather the very basic features by which human beings structure and change their environment; in particular the use of language, the manufacture of tools, and the conception of social relationships and roles, obligations and conventions.

In this sense all human societies past and present, have a culture. Indeed, culture has an evolutionary history, whose progress is dimly recorded in the remaining stone tools and artifacts of early hominids. The still earlier beginnings of culture, and cultural tradition, can be found in the higher primates. Cultural traditions of washing wheat, and potatoes, were observed to be learnt and transmitted in a group of Japanese macaques on the island of Koshima. Tool manufacture — of termiting sticks and leaf sponges — has been observed in chimpanzees in Africa, and the experimental studies of the Gardners and others have shown that chimpanzees can acquire a sign language and other forms of symbolic communication, with a rudimentary combinatorial structure. The analysis of social roles, cliques and kinship relations has been found useful in the description of social structure in higher primates, and at the behavioural level an incest taboo has been observed. These findings delineate the kinds of pre-adaptations which were necessary for the evolution of culture, and in some res-

pects suggest that the gap between human nature and animal nature is less than has been suspected. Nevertheless, it still remains true that humans are the only cultural animals, in the sense that we depend on cultural traditions for our survival. A chimpanzee could manage without termite sticks, a macaque without potato washing. For us, language, tools and social conventions are essential, and must have been so well back into our evolutionary past.

While the ability to acquire culture is common to all human beings, the particular culture acquired varies greatly. Different societies vary enormously in their languages, artifacts, and social conventions. Much of the uniqueness and power of cultural evolution compared to biological evolution, has been the rapidity with which new ideas, new tools or inventions, new scientific or social concepts, can be assimilated and put into use. The great changes in historical times, in the use of new agricultural techniques and then industrial processes, the invention of rapid transportation, mass communication devices, and so on, are part of a very rapid cultural evolution in the last decades and centuries.

What has all this to do with children? The main point is that the transmission of culture, and hence its continued existence, depends upon the ability of children to acquire it. In the study of behavioural development in childhood, then, we can consider two related but contrasting perspectives. Firstly, that children are adapted to acquire culture; over hundreds of thousands of years natural selection has acted to favour human genotypes in which the basic cultural abilities are readily acquired. We expect to find language development, cognitive development, and social and moral development in all children in all societies, excepting only the severely mentally handicapped. The second perspective is that children can easily acquire any of a vast variety of cultural tra-

ditions. They can learn English or Portuguese, Arabic or Japanese. They can learn about hunting and tracking animals, driving tractors, or working computers. They can learn that a man is allowed one wife, or several wives; that women should stay in the home, or that they can become doctors, engineers or astronauts.

From this standpoint I would now like to move on to, and reconsider, the inter-relationship of genetic and environmental factors in development. Each child has its own genotype, and its own set of environmental experiences within the particular culture in which it is reared. In combination, these ensure the child's development, and acquisition of culture. Much unnecessary argument has been generated by the genetics-environment issue, but it is not an entirely unsubstantive issue either; rather it is a very complex one. Two points are clear, however. Firstly, any aspect of human behavioural development must depend *both* on an adequate genotype *and* on adequate environmental support. In this sense, it is quite meaningless to say that an aspect of behaviour is so much, or so many percent, genetic, and so much, or so many percent, environmental. Secondly, if one is comparing two individuals and finds differences in behaviour, it is in principle possible to ask whether the difference is due to genetic differences, and/or environmental ones. While in principle possible, in practice it is difficult. Differences in behaviour between identical twins are presumably environmental, although this includes the intra-uterine environment. Differences found between newborn babies, for example in the strength of reflexes (Freedman, 1974), are probably genetic, although again effects of intra-uterine environment, and length of pregnancy, perhaps influenced by environmental factors such as nutritional status of mother, are not excluded.

Although in principle one can examine the genetics-environment issue in relation to individual *differences*, it must be borne in mind that in any individual case, in the life history of any one child, these factors interact and interweave in a most complex fashion. Only by understanding the details of the causal pathways linking genotype, biochemical processes, morphological characteristics, neural growth and constraints on learning, can real progress be made. Meanwhile, when generalising about processes or development in individuals, it may be preferable to use the terms *environmentally stable* and *environmentally labile* rather than *genetic* and *environmen-*

tal (which are anyway meaningless in the individual case).

Environmentally stable refers to behavioural characteristics which are likely to develop in any environment, within the range of environments which the species is (in terms of its evolutionary history) likely to encounter. To a considerable extent the organism is pre-programmed to acquire those behaviours, although a minimum supportive environment at least is still necessary for their development. *Environmentally labile* refers to behavioural characteristics which are likely to vary a lot in the form or intensity of their development, depending on the particular experiences of the organism. Speaking generally, we can expect aspects of behaviour to be environmentally stable if, in the past evolutionary history of the species, that behaviour has consistently been adaptive, over time and in the usual range environments the species has encountered. Conversely, we can expect environmentally labile characteristics if individual learning of particular environmental features has been important.

If we apply these ideas to human children, then we arrive at the following broad outline. The basic framework for the acquisition of culture should be environmentally stable, since culture has been a human adaptation well back in our evolutionary history. The particular cultural features acquired should be environmentally labile, since the process of cultural evolution has depended on the relatively rapid accumulation and change of particular cultural artifacts and traditions.

Broadly speaking, this seems to be true. The most basic features of behavioural development, by which the baby becomes a person able to learn about his or her own particular culture, occur in the first year or two of life and seem to be environmentally stable in the sense described. These basic features of ontogeny reflect the phylogenetic features of our cultural adaptation. We have firstly the beginnings of social development in the baby's learning to respond, initially to people differently to objects, and then selectively to certain persons — in short, to form attachment relations. Attachment (or proximity-maintaining) relationships with parents and parent-substitutes seem to function not only to protect and feed a helpless infant, but also to facilitate further cultural transmission. It is mainly in the context of attachment relationships that the child experiences lan-

guage, and explores the world about him, during the first two years. While doing this, the child acquires basic notions of time, causality and object permanence — what Piaget terms the sensorimotor stage — and the basic rudiments of naming and language use, as well as a conception of him — or her-self as different from others. We expect these developmental pathways to be followed by all normally healthy children in all societies. They are the basis or framework on which later and more specific cultural acquisitions are built.

As development proceeds, we expect it to become less universalistic and more particularistic. For example, Piaget's sensorimotor stage of cognitive development seems to be a universal stage which all children will develop through, given a minimally supportive environment. It's difficult to imagine any normal child not learning that objects continue to exist when they are out of sight, for example. Sensorimotor development is probably closely similar in all human societies. When considering pre-operational and operational thought, however, the problem is more complex. Children in the pre-operational stage are beginning to acquire, and use, ways of classifying and comparing objects. But objects can be classed in many ways — by colour, or shape, for example, or by functional or taxonomic characteristics. Cross-cultural research suggests that the ease of use of different classificatory concepts varies considerably in different societies, although classification itself probably remains a universal characteristic (Cole and Scribner, 1974).

This environmental variability increases yet further at the next Piagetian stage, that of formal operations. This involves the use of propositional logic and experimental method, and its appearance may depend appreciably on formal schooling. Certainly, Piaget (1970) and others suggest that formal operational thought is not achieved by all persons, or in all societies*.

Thus the sensorimotor stage is environmentally stable both in structure and content. The pre-operational and operational stages may be stable in structure, but more labile in content. The actual structure or existence of the formal

operations stage seems to be an environmentally labile feature.

Similar examples could be drawn from social and moral development, or from language development. Taken in total, it seems that during the first year or so of life, common developmental pathways are followed *relatively* independent of environmental variations, but that development becomes increasingly directed by, and specific to, a particular set of socio-cultural experiences as the child gets older. To say that development in the first couple of years is environmentally stable does *not* mean that no environmental support is needed. Children at this age have basic needs, not only for adequate nutrition and physical health, but for appropriate kinds of social and cognitive stimulation. However these are basic in the sense of being needed by all children, in all societies; later development increasingly depends upon, and is more influenced by, particular and specific experiences, and the particular culture increasingly defines the environmental needs of the children. Thus in considering the needs of children, one can envisage a continuum from the basic supportive environment which broadly suffices for early development, through to increasingly particular needs and particular development paths in later childhood. This ontogenetic continuum, like the transition from biological to cultural evolution which is its phylogenetic counterpart, is indeed a continuum rather than a dichotomy, but nevertheless one that it may be useful to bear in mind when considering problems of *deprivation*, and of what is often called *cultural deprivation*. I will consider this next, before moving on to discuss methods of studying development, and the environmental support needed for development, in some specific cases.

From the preceding analysis one could identify at least two kinds of meaning to the term *deprivation*. Firstly, the child might be deprived in terms of basic needs, what I have called environmentally stable aspects of development. When saying that a minimal supportive environment is necessary here, one should not underestimate what is required. It now seems clear that adequate nutrition for the pregnant mother, and young baby, is one such requirement (Dobbing and Smart, 1974); this is being considered elsewhere in this symposium. Another most important requirement is contact with adults, so that social reciprocity and early communication can develop; however

* One could argue that this is a culturally biased judgement, or that the absence is more apparent than real. The point at issue however is the increasing divergence or lability in the later stages of development.

agreement about precisely what environmental input is necessary for the child, and if there are any critical periods for such input, is still far from being obtained. Very different conclusions might be reached from different sets of evidence, obtained in different ways. On the one hand, experimental enrichment programmes tend to emphasise the importance of additional stimulation and enriched environmental input, with the suggestion that deprivation in the basic sense might be a real issue for many children. On the other hand, some cross-cultural studies, and studies of physically handicapped children, suggest that particular environmental inputs may not be that crucial, and that the developing child is a resilient, self-righting organism (Sameroff, 1975). Another way of putting this argument is that similar developmental ends can be reached by different pathways. (I will return to this debate in the discussion of different ways of studying development.)

Whatever the precise dimensions of need in the young child, it is clear that there are basic needs for physical health, and for social, cognitive and linguistic stimulation, which may be fulfilled fairly readily but where deprivation can certainly occur. A starving child suffers retardation in brain growth, which impoverishes his learning capacities; similarly a child reared alone in a cellar or attic (Koluchova, 1972) does not partake in the transmission of culture from one generation to the next. But there is an interesting and perhaps controversial addition to the consideration of this kind of deprivation. We would not expect such kinds of deprivation to be common if the child is experiencing an environment similar to the range of environments which characterized most of human evolution over the last hundred thousand years or so. This range of environments is generally assumed to correspond to a hunter-gatherer type of ecological niche (Lee and DeVore, 1968). As a first approximation, it seems unlikely that the mechanisms involved in early development would have evolved in their present form such that deprivation was a likely occurrence in such circumstances. This would imply then that we would not expect to find such kinds of deprivation — nutritional, or social, for example — in surviving hunter-gatherer communities, *unless* they have been appreciably changed by contact with agricultural or urban societies — driven into refuge areas, for example. Recent research on nutrition, and child development, in surviving extant hunter-gatherer commu-

nities such as the Kalahari Bushmen, suggests that indeed such kinds of deprivation are *usually* absent (Lee, 1968; Stini, 1971; Sahlins, 1974).

Paradoxically then, we may be more likely to find these basic kinds of deprivation in certain subgroups of more "advanced" societies, that is agricultural and urban communities. This would be the case either if a whole society has so changed its cultural norms and institutions that basic needs of children are affected, *or* if subgroups in a society, perhaps due to unequal allocation of resources, and associated feelings of impotence and loss of self-esteem, do not provide an adequate environment in this way. Taking nutritional needs as a first example, it seems that in some agricultural communities there is a reliance on a fairly limited range of vegetable nutrients, with a chronic imbalance in amino-acid intake, and resultant protein deficiency. This can lead to semi-starvation and to particular syndromes such as Kwashiorkor and marasmus, with consequent adverse behavioural effects. By contrast, a hunter-gatherer niche may provide a more balanced protein intake, which although it may be coupled with short periods of complete starvation, gives a more satisfactory developmental prognosis than chronic periods of undernourishment (Young and Scrimshaw, 1971; Stini, 1971).

The child in the urban slums may also be undernourished, of course, and in addition may in some circumstances be subject to certain aspects of social deprivation, for example lack of adequate attachment relationships (e.g. Clarke, 1966). The problem is greatly complicated by considerations of subcultural differences as well as basic deprivation, however (Cole and Bruner, 1970).

More broadly and more speculatively still, the Nobel prize-winning biologist Niko Tinbergen has recently suggested that certain aspects of modern urban living involve deprivation, especially in relation to social development (Tinbergen, 1972). In particular, he is concerned with the effects of high density living in nuclear families on the quality of mother-child and child-child interactions. This would be compounded by factors such as lack of play areas for children, lack of contact between father and child, and shifting caretakers for young children, if mother is working, which are often found in large industrial conurbations. Tinbergen considers such factors to adversely

effect healthy social and emotional development, as manifested in symptoms as diverse as early childhood autism, and delinquency. This critical perspective on certain effects of urban living is not new (e.g. Alexander, 1968), nor is it by any means fully substantiated at present. However in so far as such kinds of deprivation are found, they would be basic kinds of deprivation affecting the normal developmental pathways common to children generally. As Tinbergen puts it, it may be that some processes of cultural evolution and change have not only vastly outstripped the speed of processes of genetic change, but also have produced environments which are pushing the limits of phenotypic adaptability as potentiated and defined by the present human genotype.

So far I have considered one kind of deprivation — that in which what we might consider basic environmental needs of a child are deficient or lacking, due to a cultural environment which is directly impoverished, or perhaps drastically changed from the environment of evolutionary adaptedness (Bowlby, 1969). Here biological evolution is being used as a reference point to judge cultural change. A second kind of deprivation would be very different — in some ways the converse. In this usage, cultural change and particular cultural systems would be taken as the reference point; a child would be regarded as deprived or disadvantaged if he or she failed by the standards of that particular culture. Indeed the original meaning of the term *culturally deprived* (Reissman, 1962) referred specifically to deprivation relative to middle-class norms in Western urban society; the word culture is being employed in a specific sense, *not* in the very general sense in which I have been using the term earlier. This ambiguity in the meaning of the term *cultural deprivation* has been one reason for the hostility which this term has generated (Ginsburg, 1972; Tulkin, 1972).

In this meaning, deprivation is relative to the particular culture or society whose standards and customs one is adopting. We may consider a Kalahari Bushmen child deprived because he or she cannot read a letter or ride a bicycle; a Bushman might consider an urban child deprived because he or she cannot track an animal, or detect vegetable tubers under the ground. This position of relativity is adopted by those who argue that *cultural deprivation* is nothing but *cultural difference* (Baratz and Baratz, 1970; Labov, 1970). It is a more powerful argument than many psychologists have

realised in the past. Many aspects of *cultural deprivation*, or evidence of *primitive mentality* in non-urban peoples (Levy-Bruhl, 1973), now turn out, once artifacts of unfamiliarity or test materials and settings have been dealt with, to be more matters of style, or preferred contexts for the performance of abilities, than actual lack of basic competences as such (Trudgill, 1974; Cole and Scriber, 1974).

There are two provisos to be made before this second kind of deprivation becomes merely a difference however. Firstly, one could reject the relativistic assumption underlying the *difference* position. This would mean accepting that one particular direction of progress or cultural change, such as (for example) urbanisation and the associated skills of literacy and numeracy, and other educational skills as narrowly conceived by established educational systems, really provides a better standard than alternative ones. This may well seem a plausible view in terms of a wide perspective on man's future evolution. In actual practice, however, there is a danger that this will come down to one group forcing its cultural norms on to another. This possibility links up with the second limitation to a difference position. This is where the culturally relative kind of deprivation links up with the more basic kinds of deprivation discussed earlier. Thus if in a situation of culture contact or of different sub-cultural or class groups in a society, there is a very unequal distribution of power and resources, then in the disadvantaged groups, as so defined, there may be basic environmental deprivations, for example in nutrition, home circumstances, loss of parental self-esteem (e.g. Clarke-Stewart, 1973). These deprivations would be in addition to actual subcultural differences relative to the dominant culture. As Tulkin (1972) phrases it, in the context of experience in the U. S. A.

"Subcultural differences represent a legitimate explanation for some of the behaviour observed in particular low-income or minority populations, but these influences (differences) should not be regarded as the sole determinant of life styles in these groups. Social scientists must also consider the way in which the majority culture, by its tolerance of social, political and economic inequality actually contributes to the development, in some sub-groups of the very characteristics which it considers depriving".

In such circumstances the two meanings of deprivation, one based on a child's environ-

mentally stable, common inheritance, the other on environmentally labile characteristics specific to a particular culture, interweave with each other and with the wider sociopolitical factors governing relationships between different subcultural and cultural groups.

Up to this point I have discussed, in fairly broad terms, some issues involved in studying development in relation to the needs of children. I now wish to consider some methods employed in studying development, and to illustrate these by reference to a few substantive issues in development in the first few years of life.

The experimental method, as exemplified by controlled laboratory studies of particular processes or behaviours, has been used extensively in developmental psychology over the last four decades. In a scientific gathering such as this I hardly need to point out the virtue of traditional experimental design — the control of all but the relevant factors, the precise delineation of cause-effect relationships. Amongst social scientists however there has been an increasing recognition of the limitations of experimental methodology, at least as it has traditionally been conceived or in our fields of inquiry. Experimental research in social psychology and social development, and to a lesser extent perhaps in linguistic and cognitive development, has suffered from drawbacks such as the unnaturalness of the setting, and the narrowness of the task or behaviour observed (Chapanis, 1967). There are two main dangers of relying over-heavily on experimental and laboratory research in development psychology. Firstly, interesting and important phenomena may be missed or neglected because they do not fit in with the investigator's preconceptions as embodied in his experimental design. Secondly, processes and relationships found in the laboratory may not hold in a similar fashion in real-life situations; factors controlled out in the laboratory may interact with the studied phenomena in uncontrolled real-life situations to produce a much more complex picture than the experimental research would indicate.

As an example of the first danger, at a broad level, much educational psychology has been characterized by experimental work, concentrated on studies of teaching style and academic achievement, as related to questionnaire studies of personality, and so on. Even the relatively meagre observational studies have also been largely patterned on these objectives

(Hamilton and Delamont, 1974). As a result, we know very little about what really goes on in a classroom; and we know even less about the social worlds children experience in terms of peer relationships and playground activities, which seems to me to be an equally important aspect of what goes on in schools. As an example of the second kind of danger, one might suggest that experimental studies of conditioning and habituation, whether in rats, neonates or school children, cannot be extrapolated to any great extent to the actual ways in which either animals or children learn in real environments. So far as animals are concerned, observations by ethologists have provided a valuable complement to experimental work. We still know surprisingly little however about the processes by which children learn things in real-life situations.

In the last decade there has been a resurgence of interest in other approaches to the study of development. My own research has been influenced by the application of ethological methods to the study of children (Blurton Jones, 1972; Smith, 1974). Ethological methodology, developed from the study of non-human species in their natural surroundings, has well worked-out principles grounded ultimately in evolutionary theory. One of its emphases is on the study of functional aspects of behaviour — *why* certain behaviours are useful — as well as to the study of causation — *how* certain behaviours happen. Thus we may know something of *how* a baby develops attachment behaviours — one factor here seems to be varied and contingent responsiveness on the part of the adults, for example — but it may still be interesting and important to ask *why* babies, given a normally supportive environment, are such that they do develop attachment to adults. What was it's adoptive value in evolutionary terms? Here authors such as John Bowlby (1969) have suggested answers in terms of the child's needs for protection and nurturance, although others have suggested that the answer may involve more than this. The practical importance of answering functional questions may be limited (Blurton Jones 1972a), but it does raise issues as to the adoptedness of present-day environments, an issue which I have alluded to in a general way earlier.

The ethological approach also lays stress on an initial period of relatively unstructured observation of behaviour, in an environment or range of environments as natural for the species as possible. There are difficulties in

defining what constitutes a natural environment for the human species, or human children (cf. my earlier discussion, and Smith, 1974); however with such reservations in mind, one can plausibly maintain that as much or more will be discovered about developmental processes by observing in children's homes, schools, and playgrounds, as by experimenting in laboratory settings. For example, while much can be learnt about cognitive development from laboratory experiments (e. g. Bryant, 1974), the considerable amount of work put into psychometric tests of cognitive attainment is of more use in enabling us to predict school achievement than in actually helping us understand developmental processes. Much of Piaget's insights into cognitive developmental processes came from painstaking observations of his own three children. Recently W. R. Charlesworth has been taking a new look at infant intelligence, in terms of problem-solving in natural environments, by observations in children's homes. I am not trying to say that laboratory experiments are of no use, but rather the more modest-point that other methods have been undervalued. Nevertheless some research supports the specific criticisms of laboratory work which have been mentioned. Lytton (1974) has examined the natural antecedents and level of occurrence of children's compliance to adult demands, by observation in the homes of 2 year olds in Canada. In a direct comparison of three methods of study (Lytton 1974, and post-script) he found an experimental study of infant compliance and dependence in a university playground gave less useful and reliable results than either direct observations in the home, or interviews with the mother. In another study of infant dependency, Smith (1958) found that home observations were more accurate than maternal interviews in the case of some defensive mothers, who biased their interview replies towards a socially desirable norm. While the pro's and con's of observational and experimental methodology are still being argued (Hutt and Hutt, 1970; Cooper *et al.*, 1974) there is no hard and fast line to be drawn, and both approaches can usefully be employed at different stages in many problems.

The ethological approach to child development has generally meant an emphasis on the observation of non-verbal behaviours, such as facial expressions, non-verbal signals of greeting, hostility, attachment and so on. There has also been recently an increase of interest in the use of verbal reports, an approach for

which the term *ethogeny* has been coined by Rom Harré (1974 a, b). This is not a return to questionnaire and rating methods, which have more in common with the experimental approach and whose advantages and limitations are well known. Rather it means questioning people, including children, about the meanings of their actions and the way in which perceive events, in natural ongoing situations. Harré is using this approach to start a study of children's perceptions and understandings of school and of peer relationships, in school playgrounds. An ethogenic approach can probably be combined profitably with ethological methods focussing on non-verbal behaviour.

Such a dual methodology has been followed by Sluckin and Smith (in prep) is a study of the structure of dominance relationships in children's groups. Observations were made of conflicts in two groups of 3 and 4 year old children in a playgroup. The conflicts were usually disputed over toys, or rights of use of play apparatus or parts of the room. It was found that a dominance hierarchy — a linear ordering of the children — was strongly predictive of which child would win or lose in a conflict. However this was based on behavioural measures and said nothing about what, if anything, the children themselves perceived of this aspect of the group's social structure. By questioning the children and asking them to arrange photos of their peers according to how strong or tough they were, it was found that some of the older children (mainly 4 year olds) could indeed rank order the group reliably, and in good agreement amongst themselves. Thus there was some sort of hierarchy in the children's own perceptions of the group, which they could communicate, even at this age. Correlation of the report data and observed behaviours suggested however that the children were basing their perceptions on how aggressive other children were (in terms of conflicts *initiated*), rather than how dominant they were (in terms of conflicts *won*). This combination of ethological and ethogenic approaches suggests how certain aspects of observed behaviour relate to the child's perceived environment. It also makes links between social experience and cognitive development. As Edelman and Omark (1973) have pointed out, if children can perceive and communicate about a hierarchy in their peer group, then this implies that they have abilities of seriation and transitive inference. Experimental research in the laboratory by Bryant and

Trabasso (1971), and Harris and Bassett (1975) has indeed shown that children as young as 4 years can make transitive inferences, if they are familiar with the materials. The findings from the playgroup study suggest a natural social context in which such cognitive abilities may develop.

Let me finish by mentioning two more areas of child development research in which different methods of study complement each other, giving different perspectives. One is a very broad area, the other much more specific.

The broad area is one I have referred to earlier, namely the importance of different kinds of stimulation in the first year or so of a child's life.

Experimental studies tend to suggest that an enriched environment can aid development. As an example, White (1971), in his research with babies in institutions, found that visually directed teaching could be achieved at an average of 89 days, compared to 147 days for his control group. The figure of 89 days is precocious for this behaviour by any standard. White achieved this result by extra handling of the babies, putting coloured pacifiers on the crib sides, and suspending a special stable over the crib from 10 weeks on. Superficially, White's results might suggest that babies not getting this treatment are *disadvantaged*. However (as White points out) one must also consider firstly, what is happening to other aspects of development, and secondly, whether early visually directed teaching results in any long-term advantage. Other children will achieve it a bit later without special environmental support. Other kinds of evidence suggest that the early stages of cognitive development can proceed even when environmental support is suboptimal, as for blind or deaf children (Fraiberg, 1975; Furth, 1966). This is shown dramatically in a recent report on a thalidomide child (Kopp and Shaperman, 1973). This child had a complete absence of limbs, and could only bat and roll objects with his head or trunk. Nevertheless at 2 and 3 years he performed at or near age norms on cognitive and linguistic tests. He had achieved sensorimotor intelligence with only a minimal amount of active interaction with his environment to support this development.

We are similarly uncertain about the importance of linguistic and social stimulation during the first year. Recently Bruner (1975 a, b) and others have developed an approach to the origins of communicatory and linguistic

competence in the first year of life. This has been based on observations of mother-infant play, mainly in middle-class urban homes. A convincing picture can be made of the importance of certain features of parent-child interaction, building up into early language. Bruner particularly mentions the importance of joint reference (mother and child attend to the same object), predication (child biting on an object which both attend to), and joint action (exchange of objects, with child adopting roles of giver or receiver, that is agent or recipient, in the interaction). From this viewpoint, parent-child interaction and play would be vital for development. However we also know that in many cultures stimulation during the first year is much less than in the sorts of homes in which Bruner made his observations. Reporting on child development among Mayan Indians in Mexico, for example, Brazelton (1972) comments on the swaddling of infants to cradle boards, and the lack of stimulation they receive. He remarks

"during the first year, infants are never propped up to enable them to look around; nor are they talked to or stimulated by eye-to-eye contact with family members, nor put on the floor to explore on their own. Mothers rarely attempted to elicit social responses from their infants by looking at their faces or talking to them. Even during feedings... her glances were perfunctory and without expectation or response."

There is no evidence however that the children were retarded subsequently. On the Bayley tests of mental and motor development, Brazelton found a slight decrement of about one month relative to U. S. norms, which did *not* increase over the first 12 months of life.

Similar observations on the lack of stimulation in the first year of life have been made in nurseries and homes in China (Kessen, 1975). It seems to be a pervasive viewpoint of parents and nurses there that such stimulation is not needed in the first year. While there *may* be long-term effects on personality-style later in development, it does seem that these kinds of child-rearing practices do *not* have such profound effects on the basic aspects of social and linguistic development as a strong environmental interactionist position, such as Bruner's, might suggest. Much still remains to be discovered about the importance of environmental inputs and the stability of behavioural

development in early infancy, and the results of both experimental and observational methodologies, carried out in a variety of cultural and environmental settings, will need to be reconciled before progress can be achieved.

My final example is a more specific one — children's imaginative or fantasy play and its possible importance in development. I am referring to the kinds of play in which children between about 3 and 6 years pretend to do, or be, things which they are not. A child may pretend that a box is a boat, or a space-ship; chairs may become seats on a bus, and pieces of paper are bus-tickets. A child may enact roles such as bus-driver, or may pretend to bathe and feed a baby doll. Sociodramatic play refers to role play in which more than one child is involved.

According to Piaget (1951), we should expect fantasy play to be a universal stage of development, following on from the establishment of the semiotic function at the end of the sensorimotor period. It would be important in that a child is decentering itself from the actual properties of objects, and, in role-play, is to some extent putting itself into a perspective different from its own. However there are considerable cultural and subcultural differences, not only in the content of fantasy play seen in children, but simply in how much there is. Some studies in agricultural communities have found very little fantasy play (Ammar, 1954; LeVine and LeVine, 1963). And workers in Israel, and the U.S.A., have found less, and less complex, fantasy play in children of immigrant groups and from lower socio-economic sectors of the community.

Such findings have been of concern to some psychologists and educators. Smilansky, for example, has postulated that fantasy play is important for the development of social and cognitive skills, and creativity. This would imply that a lack of fantasy play is a basic kind of disadvantage, in the sense I used earlier. However it is not yet clear exactly what skills fantasy play does facilitate. It may be that some such skills, creativity for example, are particularly valued in technological societies. To that extent, a paucity of fantasy play in childhood would be more of a relative disadvantage, judged by the standards of majority urban society.

Some experiments have been made to test Smilansky's assumptions. These studies have all made use of the finding that *play-tutoring* can increase the levels of spontaneous fantasy

and sociodramatic play in disadvantaged children. Play-tutoring simply means that an adult, through participation, encourages the children in fantasy play activities. In the experimental studies, an experimental group has received play-tutoring, while a control group has received tutoring in non-fantasy activities such as number-work or modelling. Both groups are pre- and post-tested on standard tests of cognitive and linguistic ability, role-taking and creativity skills, and on (Feitelson & Ross, 1972; Rosen, 1974). Several studies (reviewed in Smith, 1976) have used this traditional experimental design. Most of them suggest that play-tutoring has positive results in these areas.

However there are several possible explanations for these experimental results, which in turn suggest that more observational work is needed. It may be, as Smilansky supposed, that play-tutoring acts via increasing levels of spontaneous play, which in turn is important in development. But it's then important to look at different kinds of fantasy play. In recent observational studies at preschool playgroups and nurseries (Smith, 1976) I distinguished two kinds of fantasy play, one based on gross motor activity and rough-and-tumble, the other on fine object manipulation. The latter, object-based play involved longer and more complex sequences of behaviour, and probably more use of language as well. But the rough-and-tumble based games — such as space monsters — while simpler in structure, involved a large number of participants. Often 5 or 6 children played together a very large grouping for preschool children and requiring certain social skills such as monitoring and predicting the actions of partners to maintain a joint play sequence. These different kinds of fantasy play probably have quite different implications for areas of skill development.

However it's also possible that the positive results from the experimental studies are not due to increased levels of spontaneous play, but rather to the play-tutoring itself. In this connection it is not clear that the control groups for this, which received non-fantasy tuition, were really controlled for relevant aspects of the adult-child interactions involved — such as quality and quantity of verbal interchange. If it is differential aspects of the tutoring between experimental and control groups which is responsible, then detailed observations of the experimental procedures — observations in micro-teaching situations — would be required.

It is this kind of study we are intending to carry out shortly. Findings from such observations might generate hypotheses as to the particular features of tutoring relevant to particular skill gains, which in turn could be tested for more exactly by experimental means. Here is another example of how observational and experimental methods in combination, can increase our knowledge of an aspect of development. Quite generally, I believe that a continual interplay of experimental and observational methods, or structured and less structured settings, and the use of both verbal reports and non-verbal behaviour, is both promising and necessary if we are to gain further insights into development. The processes involved are sufficiently complex that a wide variety of approaches and methodologies can profitably be utilized in our endeavours to understand ourselves, and to enrich the lives of generations of children to come.

REFERENCES

- Alexander C., 1967. The city as a mechanism for sustaining human contact. In W.R. Ewald Jr (Ed) *Environment for man*. Bloomington & London: Indiana University Press.
- Ammer, H., 1954. *Growing up in an Egyptian village*. Londres: Routledge & Kegan Paul.
- Baratz, S. S., Baratz J. C., 1970. Early childhood intervention: the social science base of institutional racism. *Harvard educational review*, 40, 29-50.
- Blurton Jones, N., 1972. *Ethological studies of child behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bowlby, J., 1969. *Attachment*. Londres: Hogarth Press.
- Brazelton, T.B., 1972. Implications of infant development among the Mayan Indians of Mexico. *Human development* 15, 90-111.
- Bruner, J.S., 1975. The ontogenesis of speech acts. *Journal of child language*, 2, 1-19.
- Bruner, J. S., 1975. From communication to language — a psychological perspective. *Cognition* 3, 255-287.
- Bryant, P., 1974. *Perception and understanding in young children*. Londres: Methuen.
- Bryant, P.E., & Trabasso, T., 1971. Transitive inferences and memory in young children, *Nature*, 232, 456-458.
- Chapanis, A., 1967. The relevance of laboratory studies to practical situations, *Ergonomics*, 10, 557-577.
- Clarke, E., 1966. *My mother who fathered me*. Londres: George Allen & Unwin.
- Clarke-Stewart, K.A., 1973. Interactions between mothers and their young children: characteristics and consequences. *Monographs of the society for research in child development*, 38.
- Cole, M., & Bruner, J.S., 1971. Cultural differences and inferences about psychological processes. *American psychologist*, 26, 867-876.
- Cole, M., & Scribner, S., 1974. *Culture and thought*, Nova York & Londres: Wiley.
- Cooper, E.S., Costello, A.J., Douglas, J.W.P., Ingleby, J.D., & Turner, R.K., 1974. Direct observation? *Bulletin of the British psychological society* 27, 3-7.
- Dobbing, J., & Smart, J., 1974. Vulnerability of developing brain and behaviour. *British medical bulletin*, 30.
- Edelman M.S., & Omark, D.R. 1973. Dominance hierarchies in young children. *Social sciences information*, 12, 103-110.
- Feitelson, D., & Ross, G.S., 1973. The neglected factor-play. *Human development* 16, 202-224.
- Fraiberg, S., 1975. The development of human attachments in infants blind from birth. *Merrill-Palmer quarterly*, 21, 315-334.
- Furth, H.G., 1966. *Thinking without language*. Nova York: Free Press.
- Ginsburg, H., 1972. *The myth of the deprived child*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Hamilton, D., & Delamont, S., 1974. Classroom research: a cautionary tale. *Research in education*, 11, 1-15.
- Harris, P. L. & Basset, E., 1975. Transitive inferences by 4 year old children. *Development psychology*, 11, 875-876.
- Hutt, S.J., & Hutt, C., 1970. *Direct observation and measurement of behavior*. Springfield: C. C. Thomas.
- Kessen, W. (Ed), 1975. *Childhood in China*. Yale University Press.
- Kessen, W. (Ed), 1975. *Childhood in China*. Yale case study. *Journal of child psychology and psychiatry*, 13, 107-114.
- Kopp, C.B., & Shaperman, J., 1973. Cognitive development in the absence of object manipulation during infancy. *Developmental psychology*, 9, 430.
- Labov, G.B., 1970. The logic or nonstandard English. In F. Williams (Ed) *Language and poverty*, Chicago, Markham.
- Lee, R., 1968. What hunters do for a living, or, how to make out on scarce resources. In R.B. Lee &

- I. DeVore (Ed.), *Man the hunter*, Chicago: Aldine.
- LeVine, R.A., & Le Vine, B., 1963. Nyansongo: a Gussi community in Kenya. In B., Whiting (Ed.) *Six cultures*, Nova York: Wiley.
- Levy-Bruhl, L., 1973. *Primitive mentality*. Boston, Beacon Press.
- Lytton, H., 1974. Comparative yield of three data sources in the study of parent-child interaction. *Merrill-Palmer quarterly* 20, 53-64. postscript, undated.
- Piaget, J., 1951. *Play dreams and imitation in childhood*. Londres: Heineman; 1972. Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human development*, 15, 1-12.
- Reissman, F., 1963. *The culturally deprived child*, Nova York: Harper & Row.
- Rosen, C.E., 1974. The effects of sociodramatic play on problem solving behavior among culturally disadvantaged preschool children. *Child development*, 45, 920-927.
- Sahlins, M., 1974. *Stone age economics*, Londres, Tavistock.
- Sameroff, A.J., 1975. Early influences on development: fact or fancy? *Merrill-Palmer quarterly*, 21, 267-293.
- Seltz, E., & Johnson, J., 1976. Training for thematic-fantasy play in culturally disadvantaged children: preliminary results. *Journal of educational psychology*, 66, 623-630.
- Sluckin, A., & Smith, P.K. Two ways of measuring dominance in preschool children. Submitted to *Child development*.
- Smilansky, S., 1968. *The effects of sociodramatic play on disadvantaged preschool children*. Nova York: Wiley.
- Smith, H.T., 1958. A comparison of interview and observation measures of mother behaviour. *Journal of social psychology*, 57, 278-282.
- Smith, P.K., 1974. Ethological methods. In B. Foss (Ed.), *New perspectives in child development*. Harmondsworth, Penguin; 1976. Social and fantasy play in young children. In D. Harvey & B. Tizard (Eds): *The biology of play*. Londres: Spastics International Medical Publications.
- Stini, W.A., 1971. Evolutionary implications of changing nutritional patterns in human populations. *American anthropologist*, 73, 1019-1030.
- Tinbergen, N., 1972. Functional ethology and the human sciences. *Proceedings of the Royal Society of London*, B 182, 385-410.
- Trudgill, P., 1974. *Sociolinguistics*. Harmondsworth: Penguin.
- Tulkin, S.R., 1972. An analysis of the concept of cultural deprivation. *Developmental psychology*, 8, 326-339.
- White, B.L., 1971. *Human infants: experience and psychological development*. New Jersey, Prentice-Hall.
- Young, V.R., & Scrimshaw, N.S., 1971. The physiology of starvation. *Scientific American*, 225, 14-21, October.

Os programas de educação compensatória para crianças desnutridas e culturalmente marginalizadas: algumas considerações críticas

MARIA HELENA SOUZA PATTO, Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento e da Personalidade, do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

Os programas oficiais de atendimento global às crianças oriundas de famílias de baixo nível social e econômico são bastante recentes em nosso meio. As iniciativas governamentais datam, em sua maioria, do início da década de setenta. Entre elas podemos mencionar o *Projeto Centros Infantis*, levado a efeito pela Secretaria de Bem-Estar Social da Prefeitura do Município de São Paulo (Sebes, 1972), o *Projeto da Pré-Escola*, implantado na rede de Parques Infantis da Secretaria de Educação da Prefeitura do Município de São Paulo (1973) e, mais recentemente, a iniciativa, ao nível de governo estadual, de implantação de um programa de atendimento à gestante, à nutriz e ao pré-escolar, numa colaboração entre as Secretarias da Educação, da Saúde e do Planejamento (1975). Neste contexto, faz-se necessário ainda mencionar o documento publicado pelo Ministério de Educação e Cultura que tem por título *Educação pré-escolar: uma nova perspectiva nacional* (MEC, 1975), todos eles com a meta prioritária de atingir a chamada população infantil carente.

Como molas propulsoras desta nova orientação na política educacional brasileira encontramos pelo menos dois fatores: a) os altos índices de reprovação e evasão nas escolas primárias, sobretudo na primeira série (Dias, 1975, p.84), que configuram, segundo terminologia da economia aplicada à educação, o chamado "índice de desperdício" de um sistema escolar (Beeby, 1967, p.25), desperdício este definido do ponto de vista de investimento econômico; b) a demanda crescente de mão-de-obra especializada e de técnicos de nível médio para atender à crescente industrialização do país, a qual pressupõe necessariamente um

maior nível de escolaridade da população. Assim é que, nos últimos cinco anos, verifica-se uma inversão na política educacional pré-escolar; se anteriormente este nível de ensino era desvalorizado, a ponto de o número de classes de pré-primário decrescer na rede oficial de ensino (Pfromm Netto, 1968), atualmente ele se encontra no centro do cenário educacional. Temos aí um exemplo de como Escola e Sociedade caminham juntas quanto a seus objetivos, a primeira a serviço de interesses econômicos de grupos dominantes na segunda. Esta relação torna-se ainda mais clara se lembrarmos que os clamores em defesa do direito de todos à educação já estavam presentes na literatura educacional brasileira desde a primeira metade deste século; no entanto, os argumentos científicos e humanísticos evocados então, não tiveram uma repercussão significativa na política educacional, já que a necessidade de mão-de-obra qualificada não justificava um investimento tão maciço na educação do povo.

Sem nos determos numa análise mais profunda das funções sociais e políticas da Escola, o que pretendemos, neste momento, é mostrar que ao aderirmos à demanda atual de programas de educação compensatória que têm por objetivo preparar a criança marginalizada para enfrentar adequadamente as exigências da escola primária, consciente ou inconscientemente estaremos não só concordando com este objetivo restrito mas também aceitando em tomar a escola de 1.º grau e suas conhecidas limitações curriculares e metodológicas como algo dado, incontestado, para a qual deve convergir o desenvolvimento infantil que se processa nos primeiros anos de vida. Em

Bereiter (1968), autor norte-americano de um modelo de educação compensatória, encontramos um exemplo deste tipo de posicionamento profissional, quando afirma, usando palavras muito semelhantes às que freqüentemente ouvimos de técnicos que se dedicam à educação compensatória em nosso meio. Diz ele:

“o educador pré-escolar tem não só a responsabilidade de ensinar às crianças deficientes culturais comportamentos relevantes para o conteúdo da instrução posterior mas também a responsabilidade de ensinar aquelas habilidades e hábitos que as capacitarão a usar este material sob as condições de vida na escola primária que geralmente inclui classes numerosas, grande quantidade de tarefas em que a criança trabalha sozinha em sua carteira e, freqüentemente, ensino não muito qualificado” (p. 502-503).

Posição muito semelhante é adotada por Poppovic (1975) quando afirma ter organizado o instrumento cognitivo de sua pesquisa tendo em vista vários critérios, entre eles “colocar as atuais exigências dos currículos da primeira série escolar como linha de limite superior a ser atingida”. (p. 11).

Para a maioria dos pesquisadores e educadores voltados para o problema da marginalização cultural, a educação compensatória tem por objetivo socializar a criança, tendo como critérios para a socialização os objetivos e valores da escola atual e o estilo de vida da classe dominante; o termo socialização, neste contexto, tem assumido muito mais o sentido a ele dado na literatura norte-americana sobre desenvolvimento infantil do que o significado que adquire entre especialistas ingleses nesta área. A respeito desta distinção, Martin Richards (1974) explica por que o termo socialização foi omitido do título da coletânea que organizou e substituído pela expressão “integração num mundo social”:

“ (...) na tradição neobehaviorista, a socialização é considerada como um processo psicológico de aprendizagem e de treinamento do indivíduo. É considerada como algo que tem que ser imposto à criança — esta não se torna social mas é tornada social pelos esforços conscientes de vários membros da sociedade. A diferença entre tornar-se e ser tornada é importante porque os

neobehavioristas implicitamente afirmam que a criança é um mero receptáculo a ser trabalhado pelas forças externas (p.4).

Em outra passagem, este autor ressalta que o ponto de vista funcionalista anda de mãos dadas com a psicologia neobehaviorista e encontra expressão em afirmações como “a função da socialização é transformar a matéria-prima humana da sociedade em membros produtivos” (p.6). A propósito desta escola sociológica, assinala Richards:

“(A) superficialidade psicológica (desta posição) é indicada pela maneira como esta escola sociológica considera os vários grupos de pessoas que rotula como desviantes, ou seja, como exemplos de “fracasso” de socialização. Da forma como os colaboradores nesta coletânea gostariam de usar o termo, um fracasso de socialização criaria um ser não humano, se é que resultaria num ser. Resultaria numa criatura destituída dos poderes de linguagem, consciência, de estabelecer quaisquer relações sociais ou de refletir sobre suas ações. Os membros dos grupos que os sociólogos podem caracterizar como desviantes evidentemente não fracassam nestes aspectos. São simplesmente pessoas que optaram por uma ordem moral inaceitável pela maioria ou foram obrigados a adotá-la” (p.P. 6 7).

Os programas de educação compensatória geralmente têm se proposto a transformar a criança de classe baixa numa criança de classe média, sob a alegação de que esta é “normal” porque adquiriu um repertório de comportamentos compatível com as exigências da escola primária. Sem desejarmos assumir uma postura paternalista em relação à criança marginalizada, defendendo erroneamente sua normalidade, acreditamos ser imprescindível considerar o seguinte ponto: a criança de classe baixa não é uma “criança de classe média doente”, que necessita de “tratamento” (ser socializada, ser educada) e “cura” (adquirir as características comportamentais cognitivas, sociais e emocionais da criança de classe média ou “criança-padrão”). Se tomarmos como critério de normalidade psicológica outros parâmetros que não os vigentes na cultura dominante, em geral, e nos testes psicológicos, em particular, poderemos chegar à conclusão de que a criança considerada padrão é tão “doente” ou apresenta tantas lacunas de desenvolvimento de seu potencial quanto a chamada criança carente. Basta comparar o

número de habilidades intelectuais presentes no modelo de estrutura do intelecto proposto por Guilford (1956) com as habilidades que a criança tem oportunidade de desenvolver em seus encontros com o ambiente escolar; poderíamos também comparar as características sócio-emocionais desta criança com os conceitos de saúde mental propostos por autores como Bleger (1971), Kubie (1961) e Moffat (1974), entre outros teóricos preocupados com os possíveis significados do termo "ajustamento" e suas implicações para o desenvolvimento humano.

Possivelmente, se orientássemos a pesquisa não só no sentido que vem tomando nesta área (identificar as falhas da criança marginalizada quando comparada com a criança de classe social média) mas procurássemos também identificar aspectos positivos na criança carente e em seu mundo sócio-cultural e aspectos nocivos ao desenvolvimento na criança e na cultura de classe média, poderíamos libertar esta área das dicotomias e estereótipos vigentes, tão enganadores e questionáveis enquanto norteadores de programas de pesquisa e de intervenção no campo da psicologia do desenvolvimento infantil.

O conceito de "doença", no entanto, é menos questionável quando nos referimos às condições físicas da criança marginalizada. As relações entre nutrição e cognição têm sido objeto de pesquisas (Esposito, 1975, por ex.) e a interferência negativa da desnutrição sobre o desenvolvimento cognitivo tem sido comprovada repetidas vezes. De outro lado, a incidência de deficiências físicas e sensoriais, intelectuais e neurológicas certamente é maior nas camadas sociais menos atendidas quanto às suas necessidades de alimentação e saúde. Por terem consequências diretas sobre os processos de desenvolvimento psicológico destacamos as lesões cerebrais decorrentes de desnutrição e as chamadas disfunções cerebrais mínimas, decorrentes muitas vezes de acidentes pré-natais, perinatais e pós-natais. Cabe perguntar, então, em que extensão a criança marginalizada chega aos programas de educação compensatória fisicamente "danificada" estrutural e funcionalmente, a ponto de tornar muito mais difícil a criação de condições ambientais facilitadoras de desenvolvimento. Mais do que isso, coloca-se aqui o problema da reversibilidade destes danos físicos, ou seja, até que ponto podemos atacá-los adequadamente através de programas que contêm limitações em suas possibilidades de atendimento realmente individualizado. Trata-se de um desafio cuja res-

posta mais satisfatória talvez só seja encontrada numa melhora *real* das condições de vida da população, o que evitaria, na maioria dos casos, a aplicação de pseudo-soluções, que tanto inquietam os técnicos envolvidos no planejamento, implantação e avaliação destes programas, e que equivalem a "trancar a casa depois do assalto", segundo expressão usada por Frost (1968, p.3).

Falamos em planejamento, implantação e avaliação de programas de atendimento ao menor marginalizado; temos aí três momentos da atividade técnica que se caracterizam por muitas dificuldades, dúvidas, quando não pela presença de obstáculos intransponíveis. Além dos problemas decorrentes de recursos materiais muitas vezes exíguos, estas dificuldades estão freqüentemente associadas à falta de pesquisas relevantes em nosso meio sobre a criança marginalizada e seu ambiente sócio-cultural; este fato muitas vezes obriga os responsáveis pelos projetos a recorrerem à literatura estrangeira, sobretudo norte-americana, que trata de uma criança marginalizada que tem muito poucos pontos em comum com a nossa. À falta de dados de pesquisa somam-se as dificuldades advindas do uso de uma metodologia de pesquisa do desenvolvimento infantil, tanto nas pesquisas estrangeiras como nas poucas que conduzimos, que não faz justiça à sua complexidade. Segundo Richards (1974),

"na análise de um sistema interativo, como é o caso da interação da criança e seu ambiente, é não só necessário levar em conta os papéis de ambos os lados do processo mas também usar uma metodologia que leve em conta a riqueza da interação. Esta não pode ser sempre reduzida a regras simples de causa e efeito. (...) O fato de sermos limitados nas técnicas de que dispomos não significa que deveríamos tentar lidar com as interações da criança que se desenvolve como se elas equivalessem às de uma máquina simples" (p.6)

A observação da criança em seu ambiente familiar e educacional formal é condição *sine qua non* para a montagem de programas adequados que visem a desenvolver e não a adestrar. Neste sentido, os métodos etológicos de estudo do desenvolvimento infantil vêm nos abrir novas perspectivas.

Finalmente, queremos destacar a problemática que decorre da existência de preconceitos em relação à criança pobre, profundamente enraizados entre as pessoas pertencen-

tes a outros estratos sociais e econômicos. Tais preconceitos podem interferir negativamente no tratamento que lhe será dispensado, desde o momento em que o programa é planejado, até ao nível das interações diárias desta criança com os membros das equipes técnicas e administrativas dos centros educativos a ela destinados. Rosenthal e Jacobson (1972) demonstraram experimentalmente que o fato de esperarmos de uma criança um baixo nível de desempenho acadêmico pode levá-la a se comportar da forma esperada, dada a influência da "profecia auto-realizadora", por eles assim definida:

"a predição, feita por uma pessoa quanto ao comportamento de outra, de algum modo chega a realizar-se (...); é possível que a expectativa de quem faz a predição de algum modo seja comunicada à outra pessoa — por exemplo, sob formas muito sutis e não intencionais — e assim tenha uma influência em seu comportamento real" (p.199).

Em Barreto (1975), encontramos uma caracterização da natureza dos valores com que o professor primário desempenha seu papel. Diz ela:

"absolutamente convencido de que sua maneira de ver e de valorizar o mundo não somente é a melhor, mas a única legítima, é que o professor primário se dispõe a representar o papel de educador".

E em outra passagem, afirma:

"Ele (o professor) tem que se ver às voltas com problemas de disciplina, precisa lidar com crianças rebeldes, malcriadas, carentes de afeto, apáticas, ladras, doentes, sujas e famintas. Tem de tratar ainda com suas famílias desestruturadas, ignorantes e desinteressadas".

Os termos acima enumerados ilustram os tipos de rótulos, muitos deles pejorativos, geralmente aplicados a estas crianças e suas famílias; estes preconceitos fatalmente irão prejudicar a interação que se estabelece entre elas e o pessoal técnico e administrativo da unidade educacional que freqüentam. E as afirmações feitas por Barreto a respeito da visão de mundo do professor podem, a nosso ver, ser aplicadas a psicólogos e pedagogos, em decorrência do fato de pertencerem à classe média, agravado pela formação profissional que recebem (veja Pereira, 1975).

Em síntese, é essencial a formação de um espírito crítico que nos permita, a cada passo,

perguntar: "a quem estamos servindo, os interesses de quem estamos defendendo"? Isto requer, parafraseando Barreto, a compreensão da realidade social como um todo e a perspectiva crítica da inserção da educação compensatória nesse contexto.

REFERÊNCIAS

1. Barreto, E. S. S., 1975. Professores de Periferia: Soluções Simples para Problemas Complexos. *Cadernos de pesquisa*, 14, set.
2. Beeby, C. E., 1967. *Educação e desenvolvimento econômico*. R.J.: Zahar.
3. Bereiter, C., 1968. Instructional planning in early compensatory education. In J. L. Frost (Org.) *Early childhood education rediscovered*. N. Y.: Holt.
4. Bleger, J., 1975. *Temas de psicologia*. B.A.: Ed. Nueva Visión.
5. Dias, J.A., 1974. Sistema Escolar Brasileiro. In M. Brejón (Org.) *Estrutura e funcionamento do ensino de 1.º e 2.º graus*. S. P.: Ed. Pioneira.
6. Esposito, Y. L., 1975. Desnutrição e cognição. *Cadernos de pesquisa*, 14, set., 87-96.
7. Frost, J. E., 1968. *Early childhood education rediscovered*. N. Y.: Holt.
8. Kubie, L., 1961. *Neurotic distortion of the creative process*. Un. Kansas Press.
9. Guilford, J. P., 1956. The structure of intellect. *Psychol. bull.*, 53: 267-293.
10. MEC. *Educação pré-escolar: Uma nova perspectiva nacional*. Brasília, Dep. de Ensino Fundamental, Setor de Ed. Pré-Escolar, 1975.
11. Moffat, A., 1974. *Psicoterapia del oprimido*. B.A.: Ed. E.C.R.
12. Pereira, S. L. M., 1975. A formação profissional dos psicólogos: apontamentos para um estudo. *Psicologia*, 1 (1), 15-20.
13. Pfromm Netto, S., 1968. Situação e problemas do ensino pré-primário no Brasil. *Ciência e cultura*, 20, 2, 483-484.
14. Poppovic, A. M. e col., 1975. Marginalização Cultural: Subsídios para um Currículo Pré-Escolar. *Cadernos de pesquisa*, 14, set., 7-73.
15. Richards, M. (org.), 1974. *The integration of a child into a social world*. Cambridge Un. Press.
16. Sebes (Secretaria de Bem-Estar Social, PMSP) *Projeto Centros Infantis: Programação Sócio-Educativa*. S. P.: 1972.
17. Rosenthal, R. e Jacobson, L. F., 1972. Expectativas de professores com relação a alunos pobres. In *A ciência social num mundo em crise*. S.P.: Ed. Perspectiva/EPU.

Experiência de trabalho comunitário no Jardim Sabiá*

CARY PEABODY PERRY, HENEDINA A. M. MEDEIROS, HERMELINDA A. GUERRA, MARIA APARECIDA CARLINI, MARIA LÚCIA M. REGIS, MARIA DO CARMO DE OLIVEIRA, MARIANNA AUGUSTO, TEREZA Y. KAKEHASHI e ZILÁ SILVEIRA, Escola Paulista de Enfermagem, São Paulo, SP.

I. INTRODUÇÃO

A experiência de intervenção comunitária, no Jardim Sabiá, iniciou com um grupo de professores do Departamento de Enfermagem Pediátrica da Escola Paulista de Enfermagem que atua prioritariamente na área de Pediatria Social.

Segundo a Dra. Nathalie Masse, ex-Diretora do Ensino do Centro Internacional da Infância em Paris, a Pediatria Social compreende o conjunto de esforços coletivos em favor da população jovem. Ela estuda os pais, sua constituição e seu patrimônio hereditário, as condições de concepção, de gestação, do nascimento e da vida da criança até a idade adulta, sob a influência do meio ambiente. Seguindo esta orientação, o Departamento de Enfermagem Pediátrica da EPE, composto por professores que têm a sua formação no Centro Internacional da Infância, vem desenvolvendo um trabalho contínuo no sentido de melhorar a situação da criança brasileira, considerando que ela é o maior potencial da nação. Entretanto, para se constituir um valor positivo na sociedade ela deve ser cuidada antes mesmo de nascer e protegida em todas as etapas de sua vida. Nosso dever é evitar que fatores negativos incidam nas etapas vulneráveis, acarretando-lhe deficiências físicas, psicológicas e mentais irreversíveis na formação do adulto. Ahamos que, especificamente nos países em desenvolvimento, a maneira mais eficaz de atingir estes objetivos é através da prática de Pediatria Social.

Considerando ainda que toda Universidade, ao lado do papel educacional no preparo de profissionais e na realização da pesquisa científica, deve estar atenta aos problemas da comunidade e participar na solução dos mes-

mos, iniciamos o nosso trabalho no Jardim Sabiá.

Com a participação do Centro de Estudos para o Desenvolvimento da Pesquisa no Campo da Saúde — CEPES, foram realizados os levantamentos necessários para elaborar um plano de ação.

O CEPES é uma entidade de caráter técnico, científico e cultural sem fins lucrativos, fundado na cidade de São Paulo a 12/08/74. A idealização do Centro de Estudos para o Desenvolvimento da Pesquisa no Campo da Saúde — CEPES, deve-se ao Prof. Armando Piovesan, pesquisador, médico e cientista social. Quando começou a lecionar Metodologia de Pesquisa Científica no Curso de Especialização em Pediatria e Puericultura da Escola Paulista de Enfermagem, abordou a necessidade de um órgão capaz de possibilitar uma fundamentação científica, que capacitasse os profissionais de Enfermagem, para uma melhor atuação em pesquisa e trabalhos científicos. Sua idéia foi prontamente apoiada pelo grupo de professores do Departamento de Enfermagem Pediátrica da Escola Paulista de Enfermagem, liderado pela Profa. Dra. Marianna Augusto, titular de Enfermagem Pediátrica da referida escola, que encaminhou os trabalhos, culminando com a fundação do Centro de Estudos para o Desenvolvimento da Pesquisa no Campo da Saúde — CEPES. A equipe de trabalho constituída principalmente por enfermeiras especializadas em Pediatria e Puericultura, professoras do Departamento de Enfermagem Pediátrica da Escola Paulista de Enfermagem e membros do CEPES, em seus primeiros contactos com a comunidade, realizou levantamentos que permitissem estabelecer o diagnóstico da Comunidade do Jardim Sabiá. Baseado no diagnóstico estabelecido, foi elaborado um plano de ação, abrangendo a intervenção comunitária nas seguintes áreas:

* Trabalho apresentado na 28.ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência — 7 a 14 de julho de 1976, Brasília — DF.

- Educação;
- Saúde;
- Profissionalização e Lazer Construtivo.

A execução desse plano está sendo feita de acordo com as prioridades da população.

II. HISTÓRICO DO JARDIM SABIÁ

O Jardim Sabiá está situado no km 3,5 da Estrada de Varginha, que tem início no km 29 da Estrada de Parelheiros. É um bairro semi-rural do município de São Paulo.

As causas que deram origem a esta comunidade estão relacionadas com a assistência realizada no Amparo Maternal (maternidade beneficente), às gestantes e puerperas, na maioria totalmente desamparadas social e economicamente. Devido à falta de qualificação profissional, à pouca ou nenhuma escolaridade das mães e a não aceitação por parte das famílias, de empregadas domésticas com crianças, elas se viam na contingência de permanecer no Amparo Maternal, porque não tinham para onde ir com seus filhos. Diante desta situação, os dirigentes do Amparo Maternal conseguiram, por intermédio do Dr. Victor Freire de Carvalho, industrial paulista, os terrenos do Jardim Sabiá, que loteados, foram vendidos às mães. Construíram-se casas com material de demolição, e ali as mães passaram a residir com seus filhos. Durante os anos que decorreram de sua fundação, o desenvolvimento desta comunidade foi dificultada pela distância aos outros centros comerciais, pela falta de saneamento básico, energia elétrica, escolas, centros de saúde e outros recursos sanitários. A população enfrentava o problema do desemprego, devido à pouca instrução e pela falta de trabalho remunerado no local e nas proximidades.

Com o passar do tempo, a comunidade tornou-se marginalizada geográfica e culturalmente. Conseqüentemente, o quadro encontrado em 1974 na comunidade foi:

- crianças desnutridas, em péssimas condições higiênicas;
- roubos e arrombamentos às residências, praticadas por crianças e adolescentes;
- condições sanitárias precárias;
- alta incidência de repetência e abandono escolar;
- agressões físicas entre os elementos da própria comunidade e comunidades vizinhas;
- população flutuante.

Fazia-se necessária ação imediata para modificar a situação. Porém, sabemos que

mudança de comportamento só é possível a longo prazo.

Considerando prioritária a *educação da criança* para a prevenção desses males, fundamos a Comunidade Infantil Jardim Sabiá e, ao mesmo tempo, desenvolvemos atividades na tentativa de solucionar os problemas encontrados. A meta desse trabalho é a promoção da comunidade até torná-la auto-suficiente e integrá-la à sociedade. Para tal são necessários, além de outras condições, recursos (escolas, centros de saúde, saneamento básico, centros esportivos etc.) que são proporcionados por órgãos públicos. Assim, a população da proximidade procuraria estes recursos no Jardim Sabiá, o que facilitaria a sua integração à sociedade.

III. ÁREA DE EDUCAÇÃO

1. Análise da Situação Econômica do Jardim Sabiá

Levantamento realizado em 1975 mostrou ser a seguinte a situação das crianças do Jardim Sabiá:

TABELA 1 — População do Jardim Sabiá

População	N.º Absoluto	%
Criança		
01 — 21 a	197	71,90
Adultos		
21 anos e mais	77	28,10
TOTAL	274	100,00

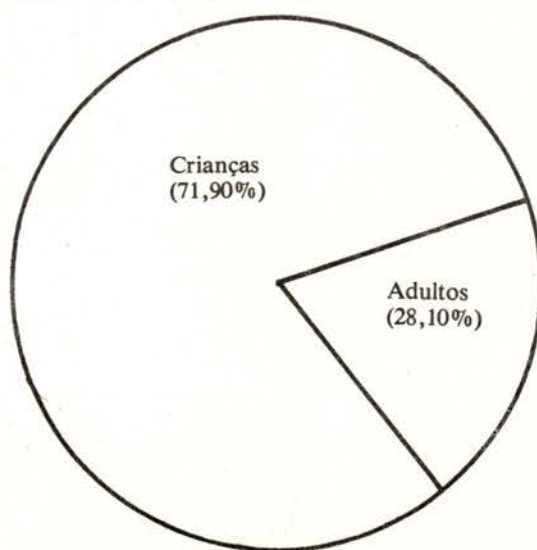


Gráfico 1. População do Jardim Sabiá

Estes dados mostram a relação adulto-criança no Jardim Sabiá que é de 1/2,55. Mes-

mo que houvesse uma homogeneidade na distribuição populacional, ainda assim a situação seria precária, dada a baixa renda familiar.

TABELA 2 - Famílias do Jardim Sabiá, segundo a sua renda mensal

Renda Mensal (Cr\$)	Número de Famílias	
	n.º Absoluto	%
Sem renda	6	11,32
de Cr\$ 250,00	2	3,77
250,00 — 500,00	22	41,51
500,00 — 750,00	10	18,87
750,00 — 1.000,00	3	5,66
1.000,00 — 1.250,00	1	1,89
1.250,00 — 1.500,00	2	3,77
1.500,00 — 1.750,00	1	1,89
1.750,00 — 2.000,00	1	1,89
2.000,00 e +	1	1,89
Renda ignorada	4	7,55
TOTAL	53	100,00

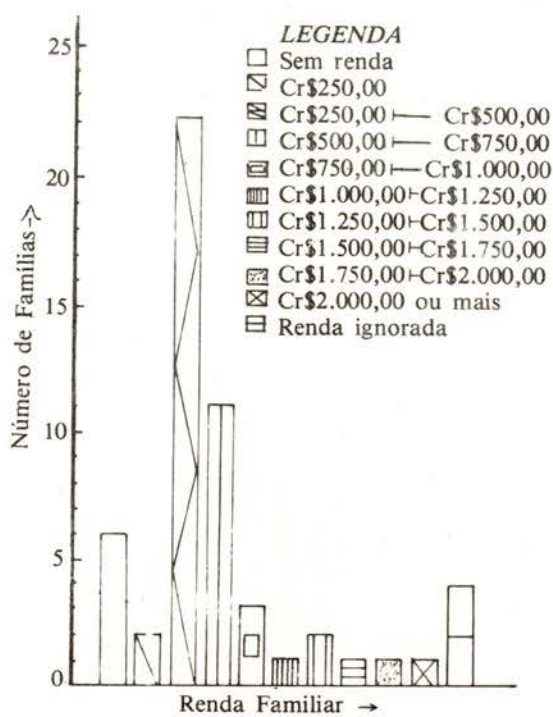


Gráfico 2. Famílias do Jardim Sabiá, segundo a sua renda mensal

Segundo este quadro, 56,60% das famílias tinham na ocasião, uma renda mensal inferior a um salário mínimo, portanto, insuficiente; e a possibilidade de mudar este quadro a curto prazo é inviável, pois a grande maioria das crianças são menores: 70,05% até 12 anos e 95,94% até 18 anos, conforme mostra a tabela 3.

TABELA 3 — Crianças do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária

Faixa Etária	N.º de Crianças	
	N.º Absoluto	%
0 — 1	9	4,57
1 — 5	55	27,92
5 — 7	17	8,63
7 — 12	57	28,93
12 — 18	51	25,89
18 — 21	8	4,06
TOTAL	197	100,00

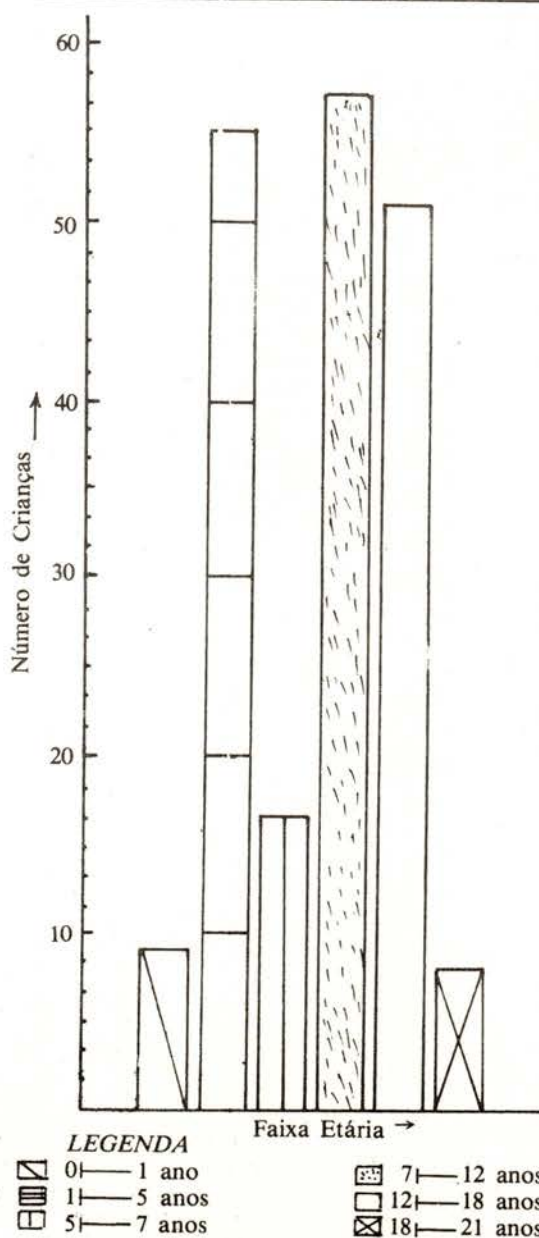


Gráfico 3. Crianças do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária

Em relação às mães do Jardim Sabiá, em um levantamento feito sobre suas ocupações (tabela 4. — gráfico 4.), apenas 3 das 53 mães têm como ocupação prendas domésticas. As demais exercem atividades fora do lar.

TABELA 4 — Mães do Jardim Sabiá, segundo suas ocupações

Ocupações	Número de Mães	
	N.º Absoluto	%
Atendente de Enfermagem	30	56,60
Doméstica	6	11,32
Serviçal	7	13,21
Garçonete	1	1,89
Costureira	1	1,89
Auxiliar de Enfermagem	2	3,78
Pagem	1	1,89
Prendas Domésticas	3	5,66
Sem Atividades Fixas	2	3,78
TOTAL	53	100,00

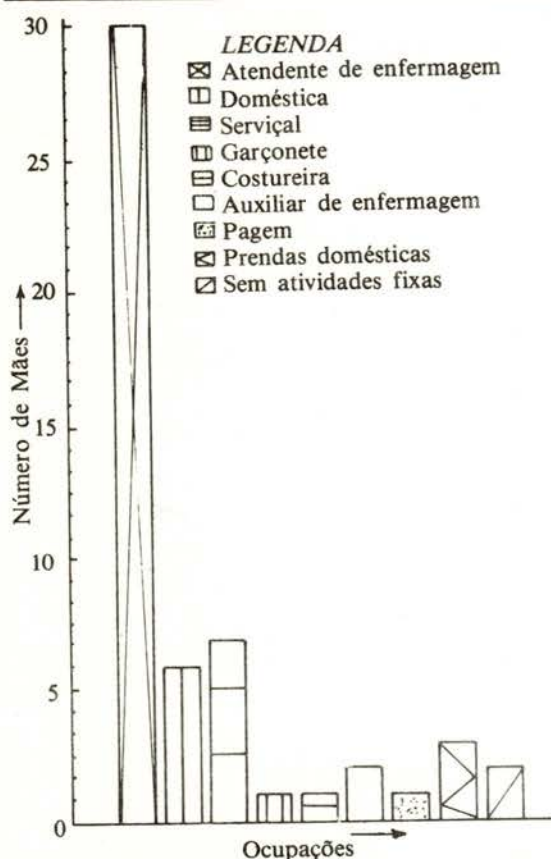


Gráfico 4. Mães do Jardim Sabiá, segundo suas ocupações

A ausência da mãe no lar, por si só, é um sério obstáculo a um relacionamento efetivo mãe-filho. Esta situação se agrava quando as mães apresentam baixa escolaridade, pois elas

não possuem condições de fornecer uma estimulação educacional e afetiva adequada aos seus filhos. Segundo a tabela 5., 50,84% das mães do Jardim Sabiá têm a escolaridade até 2.ª série do 2.º grau.

TABELA 5 — Mães do Jardim Sabiá, segundo a escolaridade

Escolaridade	Número de Mães	
	N.º Absoluto	%
Analfabetas	15	28,30
1.ª série do 1.º grau	4	7,55
2.ª série do 1.º grau	8	15,09
3.ª série do 1.º grau	4	7,55
4.ª série do 1.º grau	16	30,19
5.ª série do 1.º grau	3	5,66
Supletivo	1	1,89
Mobral	1	1,89
Curso Profissionalizante	1	1,89
Total	53	100,00

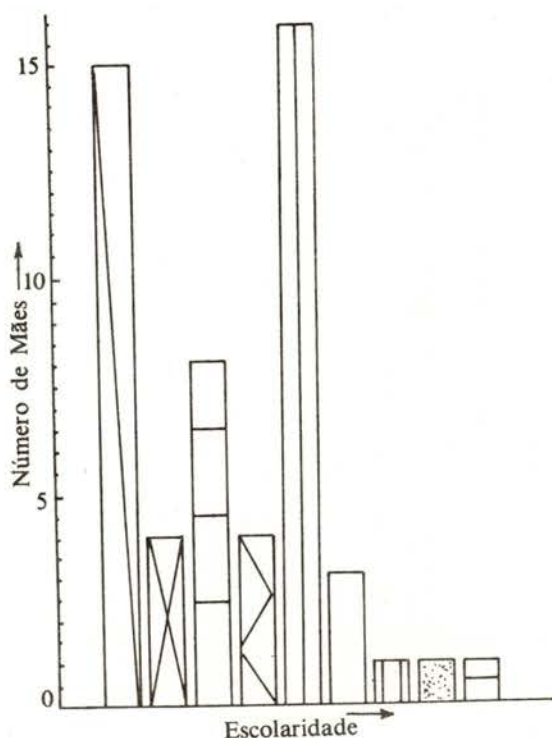
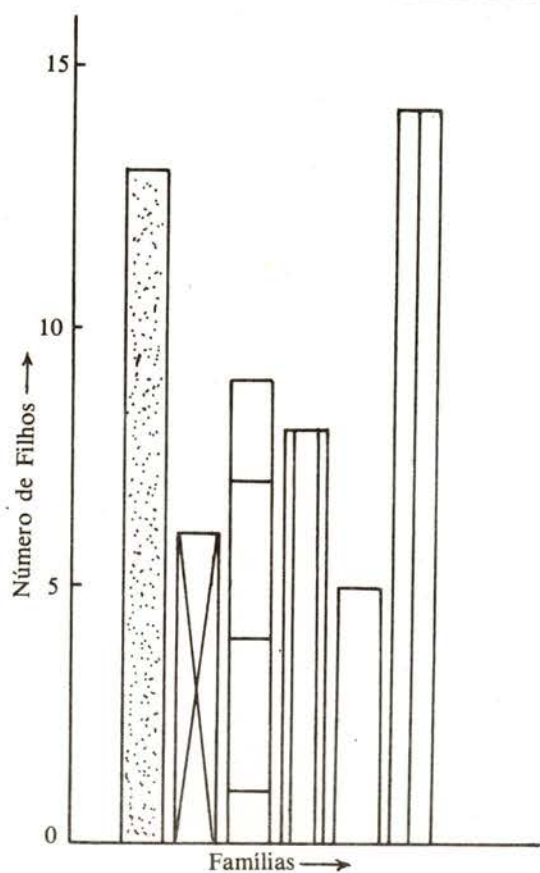


Gráfico 5. Mães do Jardim Sabiá, segundo a escolaridade

Quando a atenção materna é dividida para muitos filhos, a estimulação é ainda menor para cada um deles. No Jardim Sabiá, 49,05% das famílias têm 4 filhos ou mais (tabela 6, gráfico 6).

TABELA 6 — Famílias do Jardim Sabiá, segundo o número de filhos

Número de Filhos	Número de Famílias	
	N.º Absoluto	%
1	12	22,64
2	6	11,32
3	9	16,98
4	8	15,09
5	5	9,43
6 e mais	13	24,53
TOTAL	53	100,00



LEGENDA

- 1 filho
- 2 filhos
- 3 filhos
- 4 filhos
- 5 filhos
- 6 filhos ou mais

Gráfico 6. Famílias do Jardim Sabiá, segundo o número de filhos

Considerando-se que para o desenvolvimento da criança é necessário, além de outros, o modelo no lar ou na vizinhança com o qual a criança se possa identificar, podemos dizer que no Jardim Sabiá, o desenvolvimento, principalmente das crianças do sexo masculino, foi prejudicado pela escassez desse modelo, no caso, o pai ou substituto, como mostra a tabela 7. Segundo esta tabela, apenas 23,38% de toda a população adulta do Jardim Sabiá é constituída por elementos do sexo masculino.

TABELA 7 — Adultos do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária e sexo

Faixa Etária	Sexo Masculino		Sexo Feminino		Total	
	N.º Abs.	%	N.º Abs.	%	N.º Abs.	%
20 — 30 anos	11	14,29	28	36,36	39	50,65
30 — 40 anos	2	2,60	18	23,38	20	25,98
40 — 50 anos	3	3,90	8	10,39	11	14,29
50 anos e +	1	1,30	2	2,60	3	3,90
Não soube informar	1	1,30	3	3,90	4	5,20
TOTAL	18	23,38	59	76,62	77	100,00

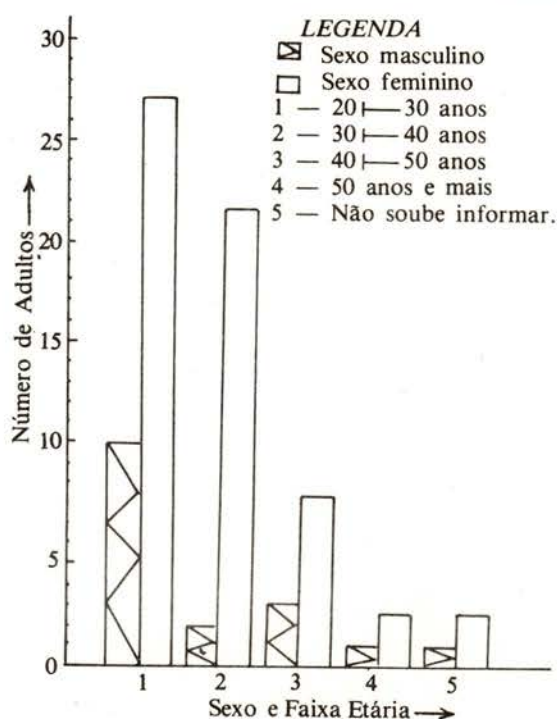


Gráfico 7. Adultos do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária e sexo

Diante do exposto, podemos concluir que as crianças do Jardim Sabiá são carentes cultural e nutricionalmente.

Pimenta (1976) define a carência cultural da seguinte maneira:

“A carência de estimulação visual, auditiva, social e afetiva, pouca ou nenhuma atenção atribuída à comunicação verbal e pobreza dos modelos encontrados no lar ou na vizinhança são em seu conjunto o que se denomina *carência cultural*”.

A fim de corrigir e prevenir os efeitos dessa carência cultural, iniciamos o programa de Educação Pré-Escolar no Jardim Sabiá.

O pré-escolar constitui no Brasil a faixa populacional menos provida de recursos para sua assistência. Se para todas as crianças é imprescindível a educação pré-escolar, a necessidade é tanto maior para as crianças carentes *cultural e nutricionalmente*. Assim, em setembro de 1974, nascia a *Comunidade Infantil Jardim Sabiá*, com 6 crianças.

Entendemos por Comunidade Infantil a instituição provida de recursos humanos e materiais para proporcionar educação, estimulação, alimentação e assistência de saúde às crianças de 0—6 anos, em regime de semi-internato.

As atividades eram desenvolvidas em uma casa cedida pela CICMA — Cia. de Indústria e Comércio de Material de Agricultura — ao uso do CEPES; sendo o CEPES uma entidade ainda nova, não dispunha de recursos para a manutenção da Comunidade Infantil Jardim Sabiá, assim, a merenda escolar e o material escolar eram fornecidos pelos membros da equipe de trabalho.

O número de crianças aumentava dia a dia e, em dezembro do mesmo ano, já contávamos com 30 crianças. Nessa ocasião, devido à inexistência de escola de 1.º grau na localidade, muitas crianças em idade escolar não frequentavam a escola de 1.º grau. Por este motivo, muitas delas começaram a frequentar a Comunidade Infantil Jardim Sabiá.

Em dezembro de 1974, devido à redistribuição da rede física nas Escolas Estaduais de 1.º grau, foram recusadas as matrículas das crianças do Jardim Sabiá nas escolas dos bairros de São José e Cidade Dutra (bairros vizinhos). Solicitamos, então, ao Sr. Delegado de Ensino da 8.ª Delegacia do Ensino Básico da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo a instalação de uma escola de 1.º grau, no Jardim Sabiá, e em fevereiro de 1975 tínhamos

a Escola de Emergência do Jardim Sabiá, com quatro classes (1.ª a 4.ª séries).

Instalada a Escola de Emergência do Jardim Sabiá a cargo de professores da rede estadual de ensino, passamos a atuar exclusivamente com as crianças em idade pré-escolar, (3—6 anos) e em maio do mesmo ano, firmamos convênio com a Secretaria do Bem-Estar Social da Prefeitura Municipal de São Paulo, que fornece uma verba mensal equivalente a 50% das despesas para a manutenção da Comunidade Infantil Jardim Sabiá. Atualmente, contamos também com a colaboração de terceiros, tais como:

— CICMA — Cia. de Indústria e Comércio de Material de Agricultura;

— Panificadora Docélia Ltda.;

— Pão Pullman;

— e outros.

2. Objetivos da Educação Pré-Escolar no Jardim Sabiá

Os objetivos da Comunidade Infantil Jardim Sabiá são:

— proporcionar estimulação às crianças de 3 a 6 anos para prevenir e corrigir os efeitos das carências culturais;

— através de um programa alimentar, fornecer alimentos com índices calórico-proteicos necessários para prevenir a desnutrição e promover um bom crescimento físico e mental da criança;

— proporcionar um ambiente educacional capaz de atender às necessidades psicomotoras das crianças através de técnicas e métodos adequados;

— socializar as crianças através do ensino de valores e comportamentos sociais, para prevenir a marginalização;

— proporcionar às crianças atividades que lhes despertem o gosto pelo trabalho e pelas artes;

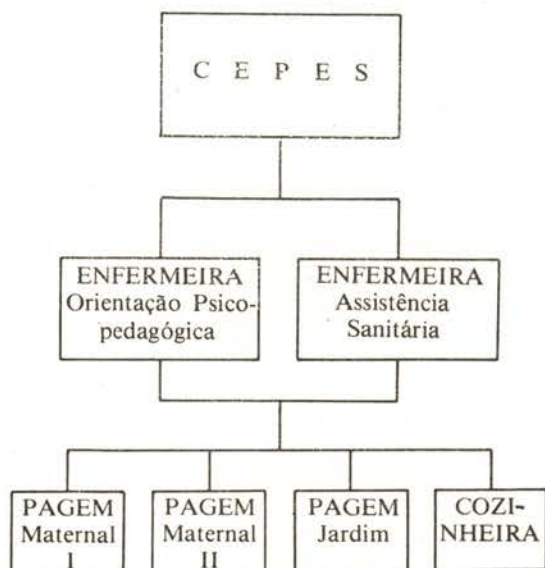
— ensinar às crianças hábitos higiênicos para a manutenção da saúde;

— preparar para a alfabetização.

Tendo em mente os objetivos acima citados, as atividades desenvolvidas junto às crianças nas áreas de comunicação e expressão, integração social, iniciação às ciências, foram sempre adaptadas à realidade dos educandos.

A programação de atividades psicopedagógicas está a cargo de uma professora com especialização em Educação Pré-Escolar com Especialização em Pediatria e Puericultura. A execução das atividades está a cargo das funcionárias recrutadas entre os elementos da própria comunidade. São elas: 4 pagens, 1 faxineira e 1 cozinheira. Esses elementos foram preparados pela equipe do CEPES, a fim de exercerem as atividades na Comunidade Infantil Jardim Sabiá e recebem orientações contínuas. Atualmente, contamos com 73 crianças de 3 — 6 anos matriculadas na Comunidade Infantil Jardim Sabiá.

ORGANOGRAMA DA COMUNIDADE INFANTIL JARDIM SABIÁ



3. Avaliação

Após um ano de experiência na Comunidade Infantil Jardim Sabiá, pudemos observar:

- as crianças hoje se apresentam à escola em melhores condições higiênicas;
- agressões físicas e insultos entre as crianças são menos freqüentes atualmente;
- as crianças são menos tímidas e retraídas;
- a assiduidade à escola hoje é maior do que nos tempos iniciais;
- as crianças anteriormente “avançavam” nos alimentos, hoje são capazes de aguardar sua vez de recebê-los;

— as crianças eram desobedientes, não atendiam às solicitações de trabalho, que hoje elas executam com prazer;

Para o ano de 1976, planejamos:

— ampliar a faixa de atendimento da Comunidade Infantil Jardim Sabiá, desde o recém-nascido até 6 anos de idade;

— organizar grupos de mães das crianças para participarem das atividades da Comunidade Infantil;

— organizar uma banda musical;

— organizar excursões culturais;

— e organizar grupos de ex-alunos da Comunidade Infantil Jardim Sabiá.

Diante do exposto, concluímos que a educação, a estimulação e a alimentação balanceada são fundamentais às crianças carentes desde os primeiros anos de vida, a fim de prevenir a carência cultural e nutricional e posterior marginalização.

IV. ÁREA DE PROFISSIONALIZAÇÃO E LAZER CONSTRUTIVO

1. Clube de Mães

1.1. Definição e Objetivos

Nosso esforço nesta área tem sido desenvolvido com objetivo de ajudar a criança através da educação da mãe e da família.

Sabendo que o bem-estar da criança depende de uma assistência integral proporcionada pela família, necessário se torna ao lado da assistência médico-social dar à população feminina da comunidade conhecimentos quanto aos cuidados das crianças, tais como:

- higiene;
- saúde;
- alimentação;
- estimulação psicomotora;
- necessidades psicológicas;
- educação;
- socialização.

Além desses conhecimentos, proporcionar atividades para desenvolver habilidades que levem à profissionalização a fim de que a mulher possa contribuir com o seu trabalho

para o aumento do orçamento familiar, e possibilitar melhores condições de vida.

1.1.1. Definição

O Clube de Mães é uma entidade que congrega mulheres de todas as idades, que disponham de algumas horas diárias ou semanais, para se dedicarem a várias atividades do clube com a finalidade de promover a evolução pessoal e da coletividade.

1.1.2. Objetivos

São objetivos do Clube de Mães:

- despertar nas mulheres a consciência da responsabilidade social decorrente de sua missão de mãe;

- orientá-las quanto aos direitos e deveres da família, a relação dos membros entre si, a união e defesa dos direitos da família;

- despertar-lhes a responsabilidade pelos cuidados pré-natais, natais, e pós-natais e mostrar-lhes as vantagens da frequência aos postos de saúde;

- suscitar-lhes o interesse pelos problemas da criança e sua educação;

- incentivar-lhes o gosto pelo trabalho;

- estimulá-las à cooperação mútua, despertando-lhes a responsabilidade na direção do Clube, motivando-as para promover os meios necessários à sua manutenção;

- orientá-las para o aproveitamento dos recursos sociais da comunidade de acordo com as necessidades individuais e coletivas.

1.2. Fundação do Clube de Mães

Para fundar o Clube de Mães do Jardim Sabiá, desenvolvemos as seguintes fases:

- identificação e estudo da população;

- planejamento;

- execução.

Para a escolha e estudo da população foi feito um levantamento inicial das famílias do Jardim Sabiá, no período de 1974 e 1975, e da população feminina a partir de 12 anos de idade e de suas ocupações; os dados colhidos foram os seguintes:

- Famílias = 53

- Mulheres adultas = 53

- Adolescentes do sexo feminino (12—17 anos) = 20

Analisando os dados anteriormente apresentados, verificamos que 95% das mães do Jardim Sabiá permanecem ausentes do lar durante grande parte do dia e da noite devido ao tipo de suas ocupações profissionais, ficando os seus lares sob o cuidado de crianças, em geral adolescentes (vide tabela 4).

Diante dessa situação, o programa de educação elaborado pela equipe do CEPES deveria atingir através do Clube de Mães a população feminina do Jardim Sabiá, incluindo adolescentes a partir de 12 (doze) anos de idade e as mães de famílias residentes em loteamentos circunvizinhos que, na maioria, não exercem atividades fora do lar, e cujos filhos são alunos das escolas existentes na referida comunidade.

1.3. Planejamento e Execução

No planejamento, consideramos como condições necessárias para a criação de um "Clube de Mães": receptividade, sede, associadas, reuniões, atividades, dirigentes e base econômica.

1.3.1. Receptividade

No Jardim Sabiá, em relação a este item, planejamos esclarecer e motivar a população através de:

- visitas domiciliares;

- distribuição de alimentos, devido ao alto índice de carência alimentar e desnutrição (todos os gêneros alimentícios distribuídos através do Clube de Mães são doados* por colaboradores voluntários);

- mobilização da comunidade a fim de conseguir o seu apoio moral e material;

- aproveitamento dos líderes naturais da população para participar do planejamento do programa de organização do Clube de Mães, de sua promoção e divulgação;

- utilização de voluntários ao lado dos elementos técnicos;

Entre os elementos técnicos, a equipe do CEPES conta com a participação das alunas estagiárias do Curso de Especialização em Pediatria e Puericultura, do Departamento de

Enfermagem Pediátrica da Escola Paulista de Enfermagem, instrutoras do SENAC, e alunas estagiárias dos Cursos de Psicologia e Serviço Social.

Sede

Na programação para a instalação da sede, consideramos básicos os seguintes fatores:

- escolha de local;
- espaço suficiente para reunir o grupo de associadas em atividades práticas e teóricas;
- equipamentos necessários para o desenvolvimento dos trabalhos profissionalizantes programados;
- fácil acesso, possuindo condições de higiene e bom estado de conservação.

No Jardim Sabiá, a sede do "Clube de Mães" foi instalada numa das cinco casas cedidas ao CEPES para a assistência comunitária.

A referida casa está situada na Rua 7, sem número; possui cinco cômodos e um galpão com espaço suficiente para início das atividades práticas e reuniões das sócias.

Em setembro de 1974, começamos a restauração e adaptação necessárias para iniciar as atividades do Clube de Mães e continuamos lutando para prosseguir nestas reformas e ampliações que já se tornam indispensáveis face ao aumento do número de sócias e da diversificação das atividades profissionalizantes. A nossa problemática consiste em adquirir fundos para continuar este empreendimento. Até o presente, contamos apenas com a colaboração de voluntários beneméritos, doação de material de demolição e renda dos "bazares da pechincha", realizados pelo próprio Clube de Mães. O material comercializado nesses bazares consiste de roupas, calçados e utensílios domésticos usados, que são restaurados e embalados pelas próprias sócias. Além destes, comercializados também os trabalhos artesanais criados e executados pelas sócias. Os preços são simbólicos e têm caráter educativo devido ao baixo poder aquisitivo da população (tabela 2).

Na sede do Clube de Mães do Jardim Sabiá reside uma voluntária responsável pela conservação e guarda do material existente, e pelo funcionamento do clube fora dos horários das reuniões. Esta voluntária também ministra aulas de corte e costura para as associadas.

1.3.3. Associadas

Partimos do princípio que:

- havendo no mínimo duas pessoas a serem beneficiadas como sócias, seria o suficiente para organizarmos o Clube de Mães;
- qualquer mãe ou adolescente da comunidade pode se associar ao Clube e usufruir de todos os benefícios;
- ao ser admitida, a sócia se compromete a freqüentar as reuniões programadas e participar das atividades desenvolvidas pelo Clube.

O Clube de Mães do Jardim Sabiá, ao iniciar suas atividades em setembro de 1974, contava com a freqüência média de vinte associadas por reunião. Atualmente, contamos com setenta sócias matriculadas e uma média de freqüência de 15 sócias por reunião.

TABELA 8 — Sócias do Clube de Mães do Jardim Sabiá, segundo o local de residência.

LOCAL DE RESIDÊNCIA	N.º ABSOLUTO	%
Jardim Sabiá	11	15,71
Jardim Zilda	14	20,00
Jardim Varginha	16	22,86
Jardim Novo Horizonte	15	21,43
Jardim Almeida Prado	03	04,29
Jardim Monte Alegre	02	02,86
Jardim Campinas	01	01,43
Jardim Albino	01	01,43
Estrada da Cocaia	01	01,43
Estrada da Represa	01	01,43
Não soube informar	05	07,14
TOTAL	70	100,00

Através desta tabela, verificamos que apenas 15,71% das sócias do Clube de Mães residem no Jardim Sabiá.

Observando a tabela 9 (pág. seguinte), verifica-se que 21 (30,00%) das sócias do Clube de Mães do Jardim Sabiá têm idade entre 10 e 20 anos e não possuem filhos.

Reuniões

São instrumento de suma importância na vida do clube.

Planejamento

- finalidade: socializar e educar;
- freqüência: uma ou duas reuniões por semana;
- data e horário: previamente estabelecidos com as sócias;
- duração: períodos de uma hora no máximo, ou duas horas, dependendo da atividade executada;

— toda reunião consta de uma parte teórica e uma parte para atividades práticas e socializantes.

No Clube de Mães do Jardim Sabiá conseguimos colocar em prática o nosso planejamento. As reuniões são realizadas às terças e quintas-feiras no horário das 09,00 às 11,00 horas. Iniciamos com aulas ou avaliações de aulas anteriores, em seguida passamos para atividades profissionalizantes e finalizamos com um lanche que é preparado e servido pelas próprias sócias, como técnicas de socialização.

1.3.4. Atividades

As atividades foram planejadas baseando-se no pensamento: “Aprender fazendo ou participando da execução”.

A programação de atividades educativas e recreativas visando manter a motivação das sócias, obedece aos seguintes princípios:

— enfatizar as atividades que correspondam aos interesses das sócias;

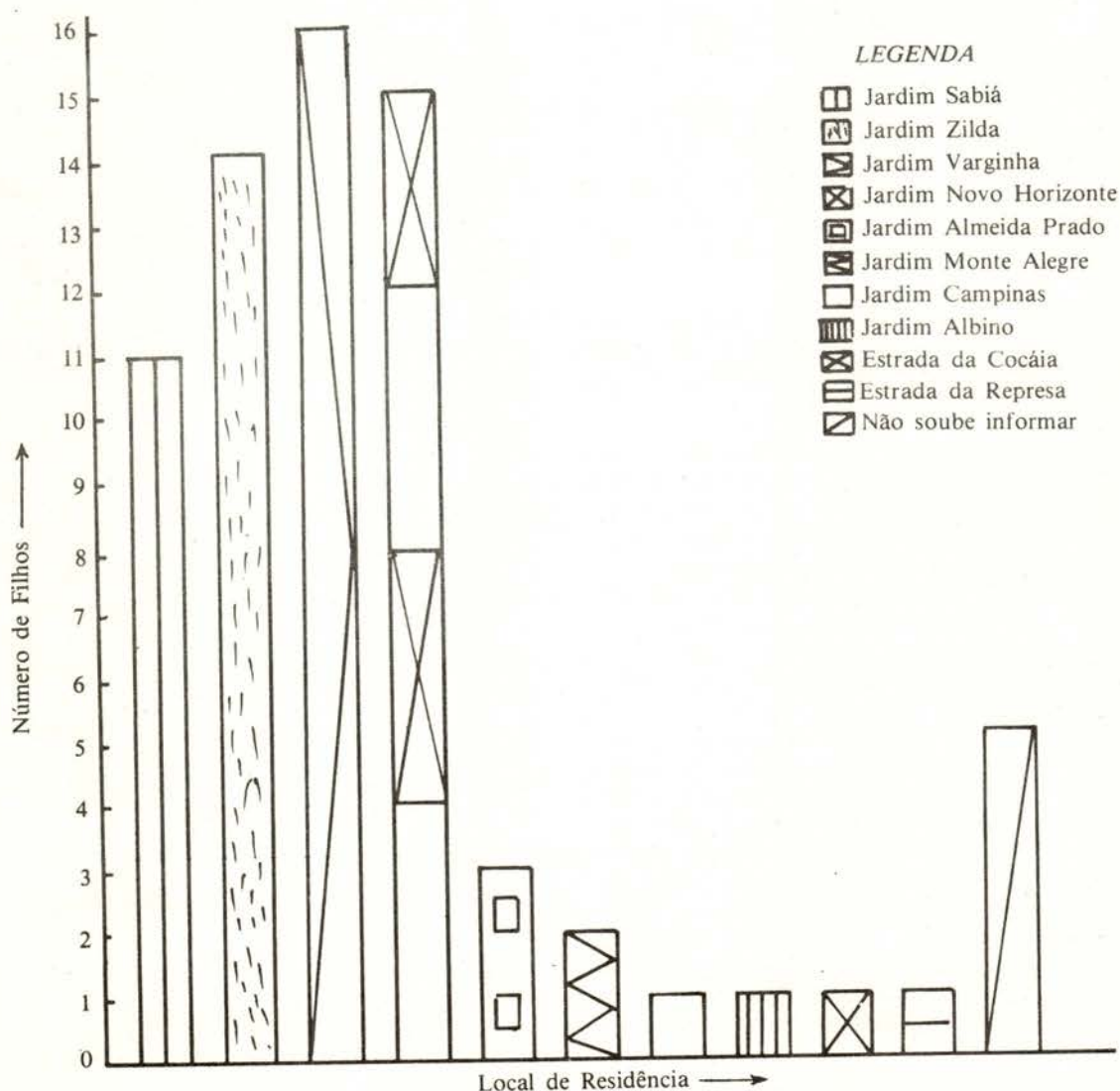


Gráfico 8. Sócias do Clube de Mães do Jardim Sabiá, segundo o local de residência

— desenvolver paralelamente atividades que consideramos importantes para a promoção da comunidade.

1.3.4.1. Resumo das atividades realizadas no Clube de Mães do Jardim Sabiá, — setembro a dezembro de 1974.

TABELA 9 — Sócias do Clube de Mães do Jardim Sabiá segundo a faixa etária e o número de filhos.

Faixa etária \ Número de filhos	0	1	2	3	4	5 e +	TOTAL	
							N.º Abs.	%
menos de 10 anos	03						03	04,29
10 — 20 anos	21						21	30,00
20 — 30 anos	02	03	05	02	03	04	19	27,14
30 — 40 anos	01	—	01	01	02	08	13	18,57
40 — 50 anos	01				01	02	04	05,71
ignorada	06	01		03			10	14,29
TOTAL	34	04	06	06	06	14	70	100,00

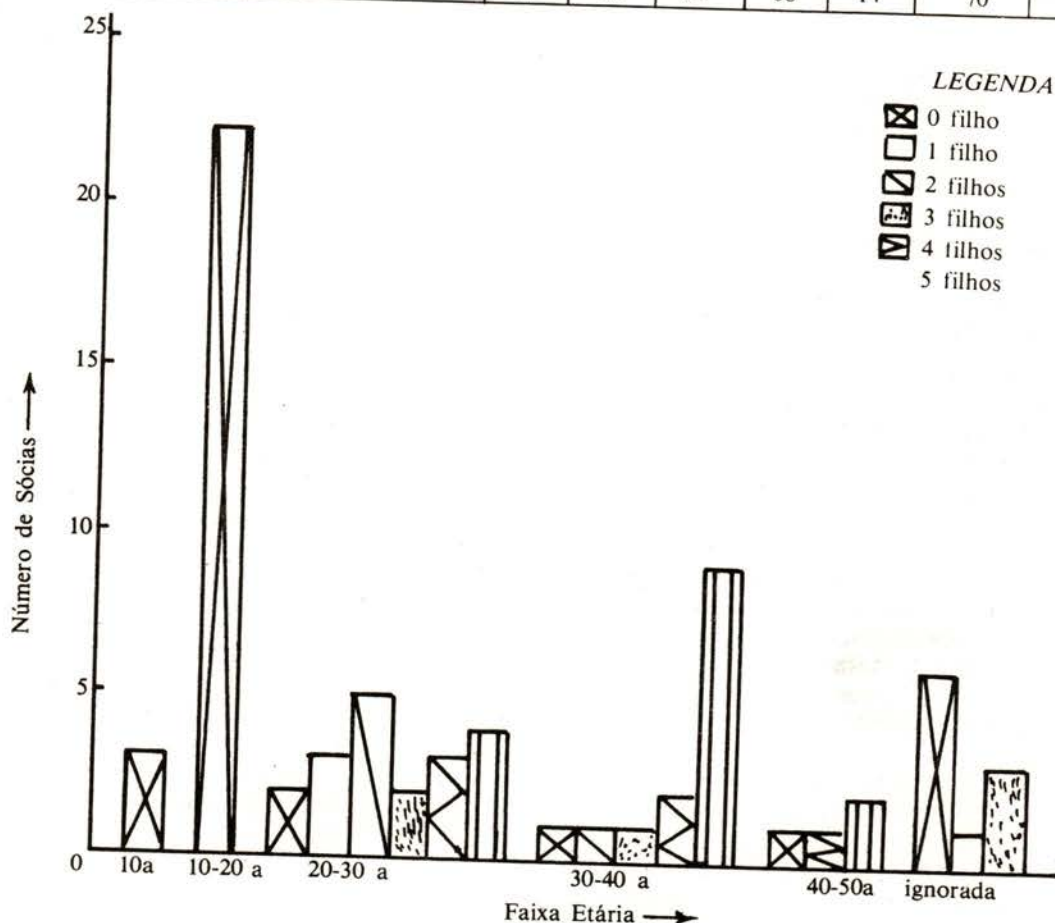


Gráfico 9. Sócias do Clube de Mães do Jardim Sabiá segundo a faixa etária e o número de filhos.

- levantamento de recursos para restauração e melhoria da sede;
- motivação e divulgação do Clube de Mães junto à população a ser beneficiada;
- início das atividades práticas de artesanato, corte e costura, e bordados;
- distribuição sistemática de cloro e orientação para uso do mesmo no tratamento da água;

- distribuição de 80 cestos com alimentos doados por voluntários, por ocasião do Natal.

1.3.4.2. Atividades desenvolvidas em 1975

- distribuição de gêneros alimentícios às famílias da comunidade;
- visitas domiciliares convidando as mães e adolescentes a frequentarem o Clube de Mães;

- conserto e reparo de móveis e utensílios existentes no clube;
- aquisição de uma máquina de costura através de doação feita pela Singer do Brasil;
- aquisição de material para os trabalhos manuais: corte e costura, tricô, crochê e outros;
- formação de instrutores de corte e costura entre os elementos da comunidade;
- realização de 2 “Bazares da Pechincha”;
- distribuição de 200 mudas de árvores frutíferas e orientação para plantio das mesmas;
- realização dos cursos: “Limpeza Hospitalar”, “Lavanderia Hospitalar”, “Comportamento Social”, com certificados fornecidos pelo SENAC;
- aulas sobre direitos e deveres dos segurados no Instituto Nacional da Previdência Social, vacinação, higiene infantil, alimentação, preparo de leites, higiene do ambiente, desidratação;
- comemoração do Natal.

1.3.4.3. Atividades desenvolvidas de janeiro a junho de 1976

- distribuição de gêneros alimentícios para as associadas;
- continuação dos cursos de corte e costura, crochê, tricô, tapeçaria;
- realização de 2 (dois) “Bazares da Pechincha”;
- aulas sobre relações humanas, riscos provocados pelo lixo, alimentação no 1.º ano, higiene pessoal e do ambiente, prevenção e cuidados de meningite, desidratação, sarampo, relacionamento pais e filhos, comportamento da criança;
- comemoração das datas dos aniversários das sócias;
- comemoração do dia das mães.

1.3.5. Dirigentes

Para dirigir um Clube de Mães é indispensável um elemento capaz de conduzir, orientar e liderar o Clube de maneira democrática e objetiva. Farão parte da diretoria elementos da comunidade, sob a coordenação da equipe de trabalho, a fim de que todos tenham a oportunidade de manifestar suas aptidões naturais.

A diretoria deve ser renovada periodicamente (3 a 6 meses).

No Clube de Mães do Jardim Sabiá, as mães estão sendo preparadas para num futuro próximo assumirem os cargos de direção que atualmente estão ocupados por elementos da equipe de trabalho.

Base Econômica

Para execução do programa conta-se com:

- os recursos da comunidade;
- voluntários beneméritos;
- auxílio do CEPES;
- venda do produto do trabalho das associadas nos “Bazares da Pechincha”.

1.4. Avaliação

Dentro da área de profissionalização e lazer construtivo, o Clube de Mães tem atingido satisfatoriamente seus objetivos. Nesta área, além do Clube de Mães, está sendo desenvolvido um outro trabalho com adolescentes, que será apresentado a seguir.

2. Adolescentes

2.1. Definições de Adolescência

— “Adolescência compreende quase metade do período de crescimento do ser humano, inicia-se perto dos 10 anos na menina, e aos 12 anos no menino; entretanto, o término da adolescência não é claramente delineado e varia com os critérios físicos, mentais, emocionais, sociais e culturais que caracterizam o adulto. Tem sido definida como o período compreendido entre a infância e a maturidade, estendendo-se por vários anos, entre 12 a 25 anos no homem e entre 12 a 21 anos na mulher.” (Hedda Arminante de Oliveira Penna).

— “Período de desenvolvimento humano, corresponde à fase de maturação sexual e que assim conduz ao estado adulto.” (Henri Pierón).

2.1.2. Problemática dos adolescentes do Jardim Sabiá

Ao maior número de famílias falta ou o pai ou seu substituto, motivo este que leva a maior parte das mães a se ausentarem de seus lares por grande período do dia para trabalhar, voltando a maioria delas só à noite; outras só uma vez por semana; outras ainda durante o dia, pois trabalham à noite. Os adolescentes, assim, além de passar grande parte do tempo sem uma pessoa adulta da família, são muitas vezes responsáveis pelos irmãos menores. Dessa forma, as mães passam pouco tempo junto de seus filhos e nesse período não têm o preparo suficiente para atender as necessidades afetivas e educacionais de seus filhos.

Além do problema citado, a baixa renda familiar combinada com o problema educativo, formam o ponto gerador de vários problemas, especialmente a carência de saúde, mais evidente na parte nutricional.

A ausência de clubes e igrejas nessa comunidade também contribui negativamente no processo de socialização dos adolescentes.

Notamos que a maioria dos adolescentes são passivos, em relação ao trabalho. Demos e continuamos a dar esclarecimentos aos adolescentes sobre escolas profissionalizantes, como SENAC e SENAI, mostrando-lhes as necessidades de se prepararem profissionalmente. Temos, também, conseguido trabalho de aprendizagem em firmas particulares com a finalidade de despertar nos adolescentes o interesse pelo trabalho e desenvolver habilidades para o exercício de uma profissão. Até o momento, porém, os resultados têm sido nulos.

2.2. Características dos Adolescentes do Jardim Sabiá

São oriundos de famílias em que, na sua maioria, falta a figura paterna. São carentes de afeto, educação, saúde e socialização.

São marginalizados social e geograficamente, e embora tenham melhorado, ainda apresentam comportamentos característicos dessa situação. Observamos por exemplo que, se alguém do grupo deixa algo fora do lugar, quem primeiro percebe pega o objeto, não o devolve, dizendo: "não mandei deixar em qualquer lugar", outros dizem: "bem feito". O dono do objeto reclama mas aceita a situação. Por outro lado, se nós da equipe de trabalho deixamos alguma coisa, seja onde for, ninguém toca e se esquecemos, guardam e nos devolvem. Também, sendo algo de uso comum, ninguém pega, se não for distribuído, mesmo sendo alimento. Consideramos que essa conduta é resultante de nossa atuação.

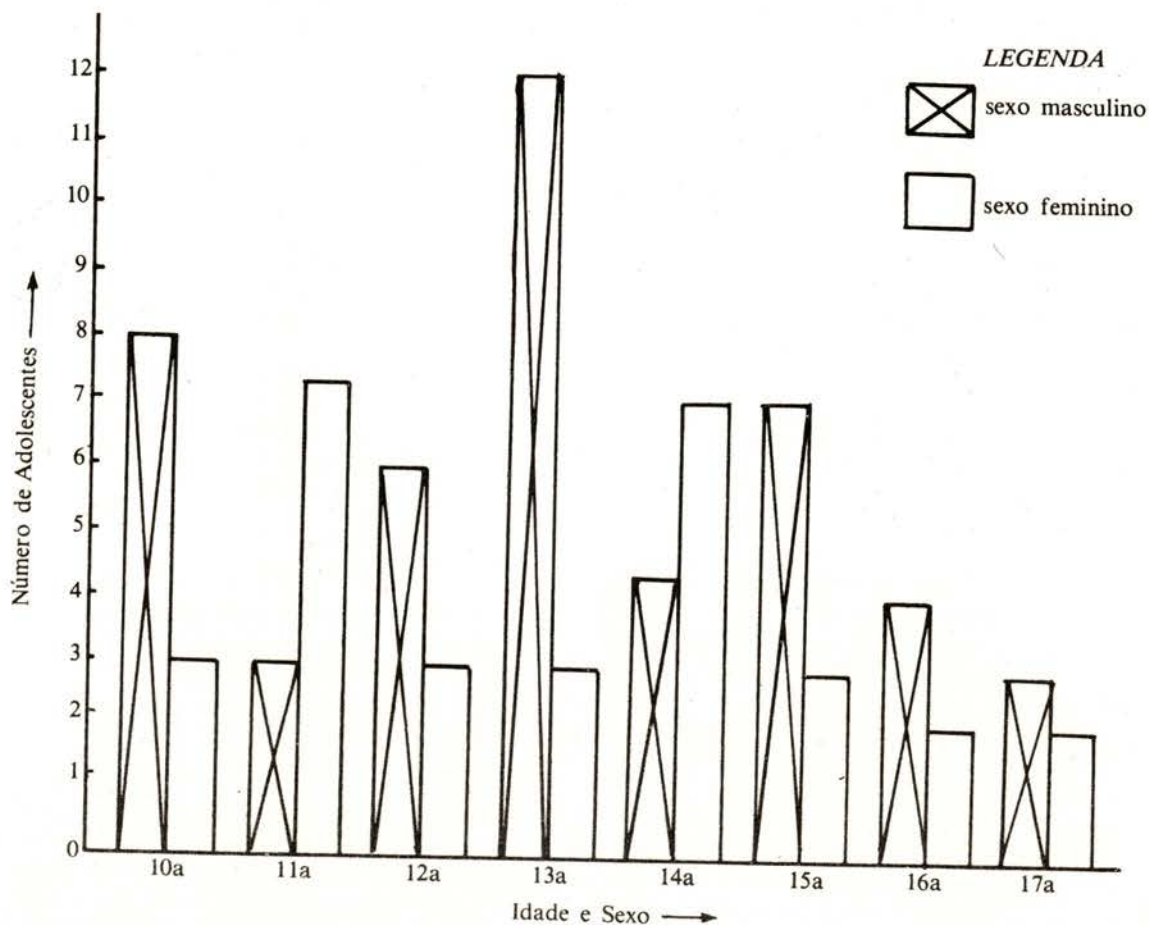


Gráfico 10. Adolescentes do Jardim Sabiá, segundo a idade e o sexo.

É notável que um corrige o outro no sentido de não falar "palavrão" e de ter "bons modos", especialmente quando existe pessoas estranhas ao trabalho. Fazem questão de serem apresentados aos que visitam a comunidade. A palavra namoro tem para eles significado de relação sexual, e a prática do ato sexual, segundo comentários da própria população, é iniciada precocemente, em torno dos dez a onze anos; razão pela qual existem mães e pais muito jovens.

A seguir, apresentamos algumas tabelas que esclarecem melhor o que dissemos.

TABELA 10 — Adolescentes do "Jardim Sabiá", segundo a idade e o sexo

IDADE	SEXO Masculino		SEXO Feminino		Total	
	N.º Absol.	%	N.º Absol.	%	N.º Absol.	%
10	8	10,53	3	3,95	11	14,47
11	3	3,95	7	9,21	10	13,16
12	6	7,89	3	3,95	9	11,80
13	11	14,47	3	3,95	14	18,40
14	4	5,26	7	9,21	11	14,47
15	7	9,21	3	3,95	10	13,16
16	4	5,26	2	2,63	6	7,89
17	3	3,95	2	2,63	5	6,60
TOTAL	46	60,53	30	39,48	76	100,00

TABELA 11 — Adolescentes do Jardim Sabiá que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivos

IDADE	SEXO Masculino		SEXO Feminino		Total	
	N.º Absol.	%	N.º Absol.	%	N.º Absol.	%
10	3	10,00	3	10,00	6	20,00
11	3	10,00	3	10,00	6	20,00
12	3	10,00	4	13,33	7	23,33
13	2	6,66	2	6,66	4	13,33
14	1	3,33	2	6,66	3	10,00
15	3	10,33	0	0,00	3	10,00
16	0	0,00	1	3,33	1	3,33
17	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL	15	50,00	15	50,00	30	100,00

Comparando as tabelas 10 e 11, verificamos que:

— 39,4% dos adolescentes da comunidade participam das atividades a eles destinadas.

— entre os adolescentes que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, existe a mesma frequência entre os dois sexos.

TABELA 12 — Famílias dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a sua procedência

Procedência	N.º de famílias	N.º Absoluto	%
São Paulo		16	48,48
Minas Gerais		7	21,21
Bahia		5	15,15
Rio Grande do Sul		1	3,03
Portugal		2	6,06
Ignorada		2	6,06
TOTAL		33	100,00

Esta tabela nos mostra que 48,48% dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, as famílias, cujo local de procedência é São Paulo.

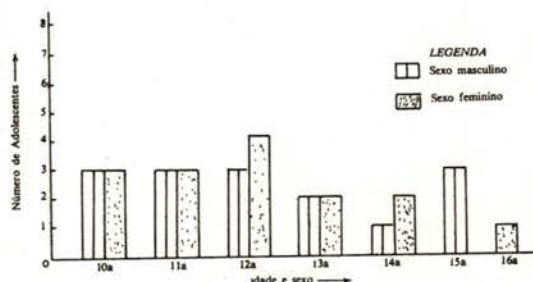


Gráfico 11. Adolescentes do Jardim Sabiá que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo.



Gráfico 12. Famílias dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a sua procedência

TABELA 13 — Famílias dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a presença do pai ou o seu substituto

Presença do pai ou substituto	N.º de famílias	N.º Absol.	%
Sim		5	15,15
Não		28	84,84
TOTAL		33	100,00

Segundo esta tabela, apenas 15,15% dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, pertencem a famílias onde existe a presença do pai ou o seu substituto.

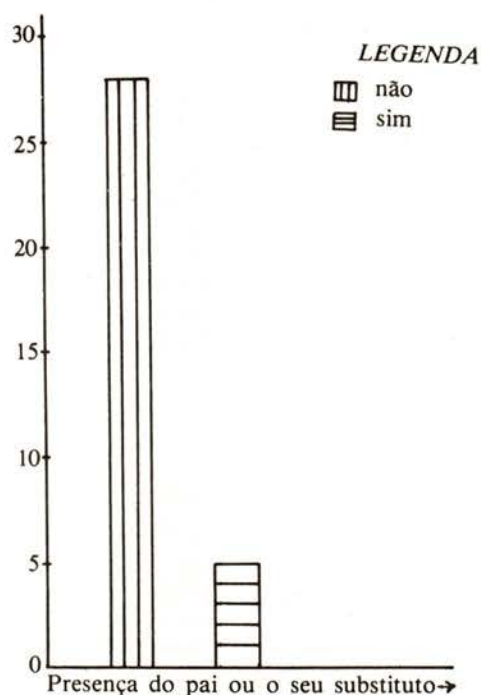


Gráfico 13. Famílias dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a presença do pai ou seu substituto

TABELA 14 — Adolescentes do Jardim Sabiá, segundo a escolaridade

Escolaridade	N.º de adolescentes	N.º Absol.	%
1.ª série do 1.º grau		18	23,68
2.ª série do 1.º grau		20	26,31
3.ª série do 1.º grau		15	19,73
4.ª série do 1.º grau		12	15,78
Mobral		2	2,63
Ignorada		6	7,89
TOTAL		76	100,00

Notamos aqui a baixa escolaridade entre os adolescentes do Jardim Sabiá.

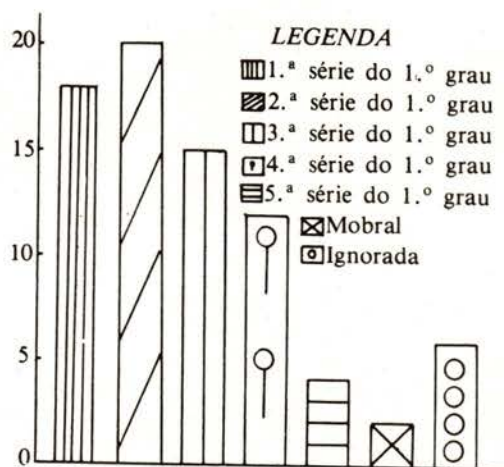


Gráfico 14. Adolescentes do Jardim Sabiá, segundo a escolaridade

TABELA 15 — Famílias, às quais pertencem os adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a sua renda mensal

Renda mensal (Cr\$)	N.º de famílias	N.º Absol.	%
Sem renda		2	6,06
250,00 — 500,00		17	51,51
500,00 — 750,00		6	18,18
750,00 — 1.000,00		4	12,12
1.000,00 — 1.250,00		0	00,00
1.250,00 — 1.500,00		1	3,03
1.500,00 — 1.750,00		1	3,03
1.750,00 — 2.000,00		1	3,03
2.000,00 e +		1	3,03
TOTAL		33	100,00

Esta tabela nos mostra a baixa renda familiar, 57,57% das famílias dos adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, possuíam na ocasião, renda mensal inferior a Cr\$ 500,00.

2.3. Objetivo da Intervenção junto aos Adolescentes

O objetivo da nossa intervenção junto aos adolescentes é diminuir ou sanar a sua carência

de afetividade, educação, saúde e de socialização.



Gráfico 15. Famílias às quais pertencem os adolescentes do Jardim Sabiá, que participam das atividades de profissionalização e lazer construtivo, segundo a sua renda mensal

2.4. Atividades Desenvolvidas

Inicialmente foram encaminhados alguns adolescentes para trabalhos profissionalizantes, porém, sem resultados positivos.

No ano de 1975, um grupo de 18 adolescentes do sexo masculino, foi atraído com o futebol. Nesta época, tivemos por prazo de dois meses um técnico que dava treinamento uma vez por semana, durante todo o período da manhã. Desse grupo, conseguimos encaminhar três adolescentes para regulamentação dos documentos, dois estão servindo o exército e pretendem fazer “carreira militar”*, um trabalha em fábrica e outros fazem trabalhos temporários sem renda fixa. Esse grupo se dispersa na sua quase totalidade no decorrer dos dias úteis, reunindo-se nos fins de semana para o futebol, sendo um deles o treinador.

Formamos, neste ano, um novo grupo, constituído por adolescentes de ambos os sexos, no qual existem poucas pessoas do grupo passado, para desenvolver atividades de horticultura e jardinagem.

Os fatores prioritários que nos levaram a utilizar a horticultura e a jardinagem foram:

- carência nutricional aliada à carência econômica, observada na maioria dos adolescentes;
- disponibilidade de recursos naturais: terra, adubo e água;
- falta de conhecimentos da população para utilizar os recursos naturais;

* Há um significado muito grande para o adolescente que aqui tratamos, quando diz: “servir o exército com pretensão de fazer carreira”.

— disponibilidade de instrumentos de trabalho, doados por pessoas alheias à equipe.

Os principais fatores que atraem os adolescentes para o trabalho são:

- afetividade — como são carentes de afeto, o fato de lhes darmos atenção, faz com que nos procurem;
- lanche — devido à carência nutricional;
- gratificação em dinheiro — há um pagamento simbólico, estimulando a frequência, gratificação esta com valor educativo, que será reduzida e até eliminada à medida que valores materiais forem substituídos por valores não materiais.

Nota: Os adolescentes de 14 anos ou mais não recebem essa gratificação; são compensados por outros meios.

— apoio e motivação por parte das próprias mães;

— elo de amizade que se estabelece entre eles;

— verificação de regras — como já foi dito, a grande maioria dos adolescentes permanecem maior parte do tempo longe de seus pais ou responsáveis, dessa forma, não há quem lhes cobre as tarefas e eles se sentem “soltos”. Entretanto, num grupo há observação de normas, que lhes dão segurança em relação a esse grupo.

2.5. Avaliação

Em relação ao nosso trabalho junto aos adolescentes, os resultados têm sido lentos, porém satisfatórios, considerando que, em se tratando de mudança de comportamento, os resultados são lentos e imprevisíveis, pois trata-se de um processo de conduta interior.

Dentro do nosso planejamento, pretendemos construir quadras para práticas esportivas, e oficinas para preparo profissional dos adolescentes.

V. ÁREA DA SAÚDE

1. Objeto

Proporcionar assistência de saúde à criança e através dela atingir a mãe, a família, e a comunidade, visando a mudança de comportamento e elevação do nível de saúde da mesma.

2. Plano de Trabalho

Foi elaborado um Plano de Trabalho a ser executado em três etapas:

QUADRO I — Ecologia familiar do Jardim Sabiá, quadro comparativo 1974 — 1975

1974	N.º	%	1975	N.º	%
Total de famílias	50		Total de famílias	49	
<i>Tratamento de água</i>			<i>Tratamento de água</i>		
Inexistente	19	38,00	Inexistente	01	02,04
Cloração	12	24,00	Cloração	48	98,00
Fervura	12	24,00	Fervura	00	00,00
Filtração	10	20,00	Filtração	03	06,10
Filtração + Cloração	06	12,00	Filtração + Cloração	03	06,10
<i>Instalações Sanitárias</i>			<i>Instalações Sanitárias</i>		
Inexistente	10	20,00	Inexistente	00	00,00
Fossa	37	74,00	Fossa	48	98,00
Fossa não utilizada			Fossa não utilizada	01	02,04
<i>Higiene da Habitação</i>			<i>Higiene da Habitação</i>		
Sala {Boa	27	54,00	Sala {Boa	23	47,00
{Reg.	14	28,00	{Reg.	20	41,00
{Má	04	08,00	{Má	00	00,00
Cozinha {Boa	27	54,00	Cozinha {Boa	23	47,00
{Reg.	11	22,00	{Reg.	20	41,00
{Má	05	10,00	{Má	00	00,00
Dormitório {Boa	27	54,00	Dormitório {Boa	23	47,00
{Reg.	11	22,00	{Reg.	20	41,00
{Má	05	10,00	{Má	00	00,00
<i>Instalação Elétrica</i>			<i>Instalação Elétrica</i>		
Existente	15		Existente	16	
<i>Destino do lixo</i>			<i>Destino do lixo</i>		
Enterrado	05	10,00	Enterrado	05	08,01
Queimado	19	38,00	Queimado	30	61,00
Jogado no baldio	25	50,00	Jogado no baldio	14	28,06
<i>Quintal</i>			<i>Quintal</i>		
Cultivado	04	08,00	Cultivado	04	08,01
Parte cultivada	19	38,00	Parte cultivada	19	38,08
Coberto de mato	19	38,00	Coberto de mato	17	34,07
<i>Insetos</i>			<i>Insetos</i>		
Existente	39	78,00	Existente	43	87,07
<i>Roedores</i>			<i>Roedores</i>		
Existente	17	34,00	Existente	31	63,03
<i>Animais domésticos</i>			<i>Animais domésticos</i>		
Não tem	23	46,00	Não tem	18	36,07
Cão vacinado	19	38,00	Cão vacinado	24	49,00
Não vacinado	03	06,00	Não vacinado	02	04,01
Gatos	14**				
Galinha	5**				
Porco	2**				
Coelho	2**				

* Estes dados, em razão da falha na ficha (falta a data), serão desprezados.

- levantamento de dados;
- diagnóstico de saúde da comunidade;
- planejamento do programa de saúde.

2.1. Levantamento de Dados 1974-1975

Visita domiciliária a todas as famílias do Jardim Sabiá, para preenchimento e atualização da ficha familiar de onde foram levantados os dados referentes à população e ao meio ambiente. (Tabela 16 e Quadro I).

TABELA 16 — População do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária

1975		
Faixa etária	N.º de habitantes	N.º Absol. %
0 — 1	9	3,28
1 — 7	72	26,27
7 — 12	57	20,80
12 — 18	51	18,61
18 — e +	85	31,02
TOTAL	274	100,00

Segundo esta tabela, 29,55% da população do Jardim Sabiá é constituída por crianças de 0—7 anos.

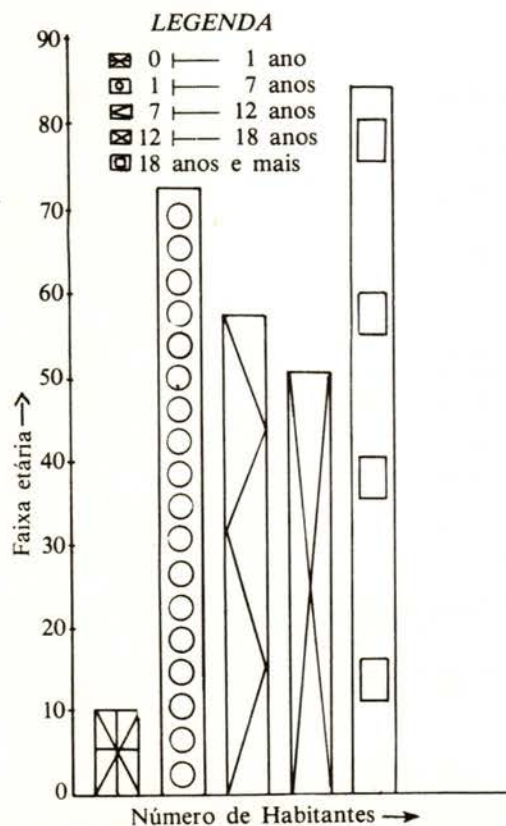


Gráfico 16. População do Jardim Sabiá, segundo a faixa etária

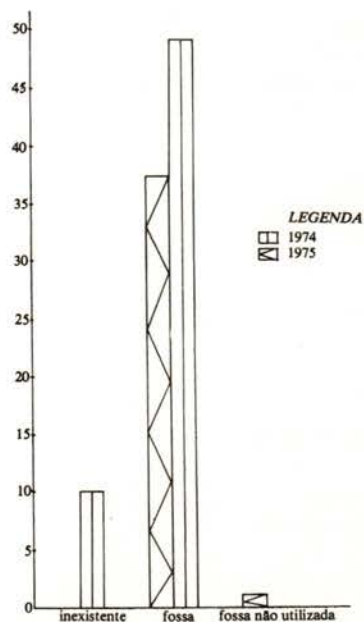
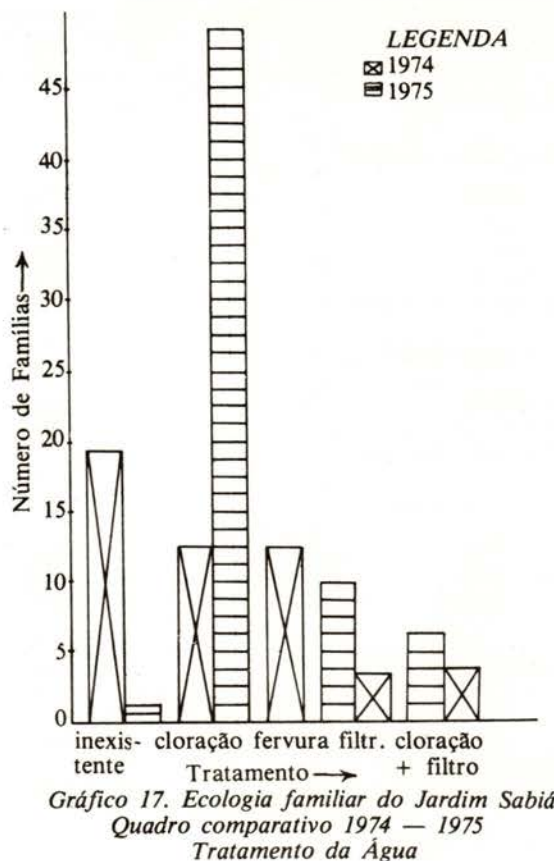


Gráfico 18. Ecologia familiar do Jardim Sabiá
Instalações Sanitárias

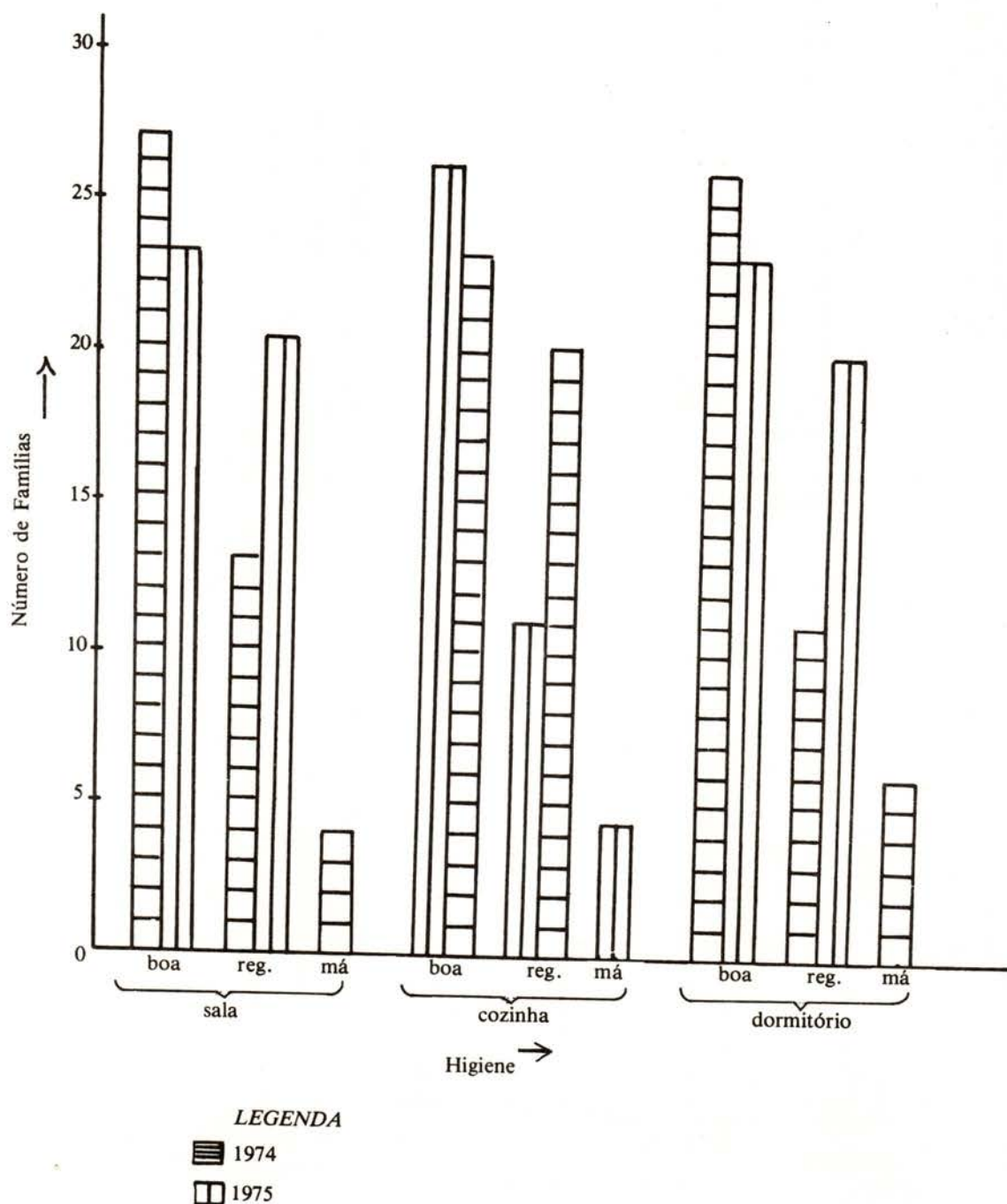


Gráfico 19. Ecologia familiar do Jardim Sabiá. Higiene de habitação.

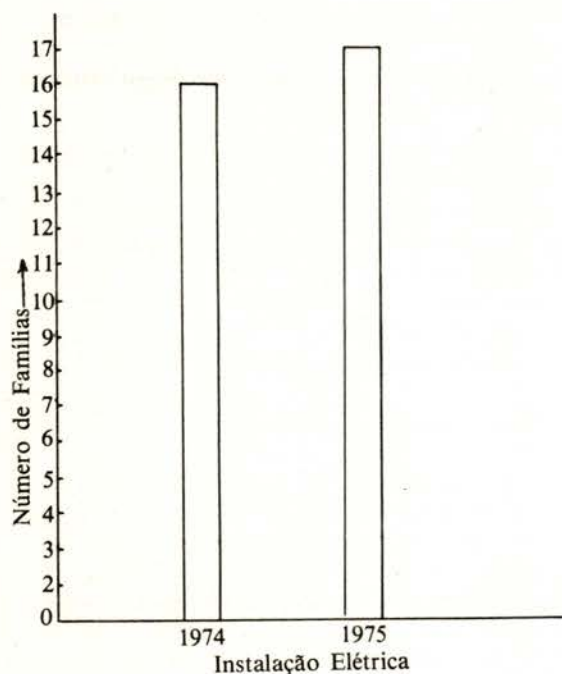


Gráfico 20. Ecologia familiar do Jardim Sabiá
Instalação Elétrica

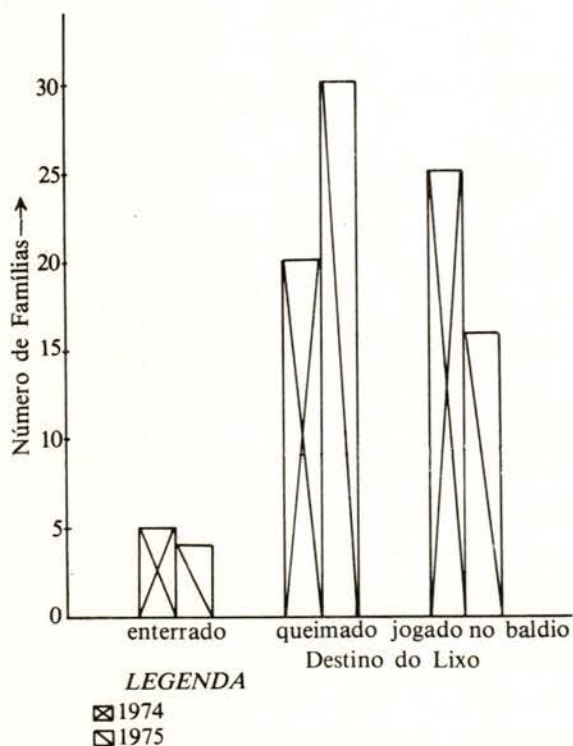


Gráfico 21. Ecologia familiar do Jardim Sabiá.
Destino do lixo

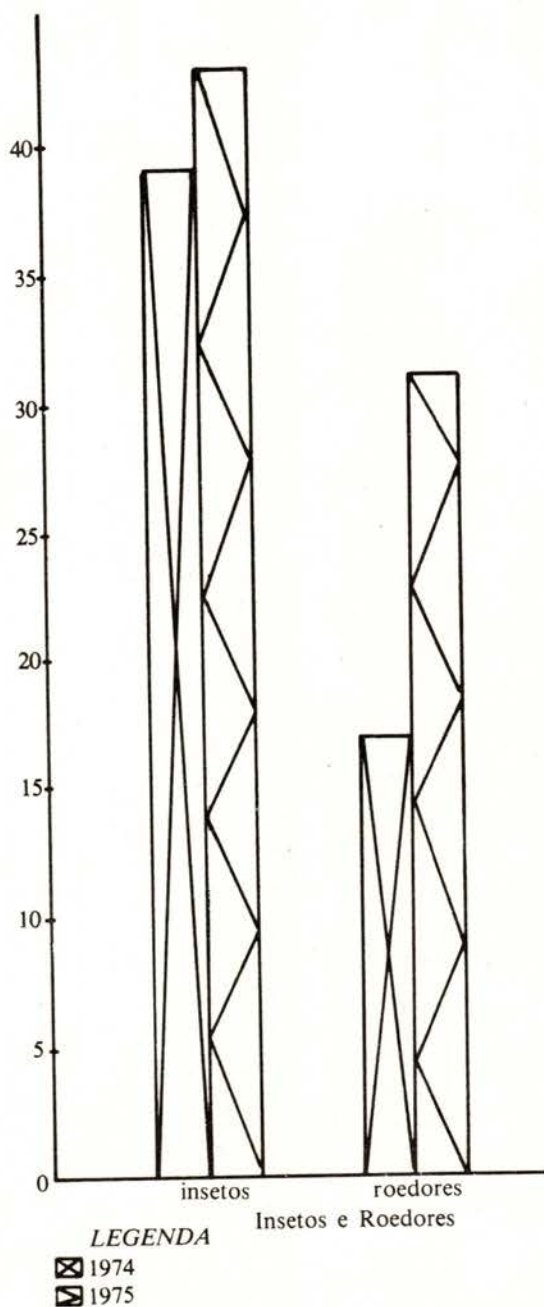


Gráfico 23. Ecologia familiar do Jardim Sabiá
Insetos e roedores

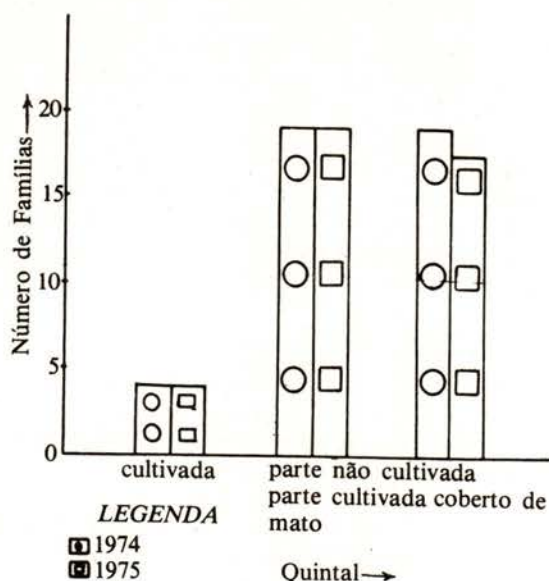


Gráfico 22. Ecologia familiar do Jardim Sabiá. Quintal

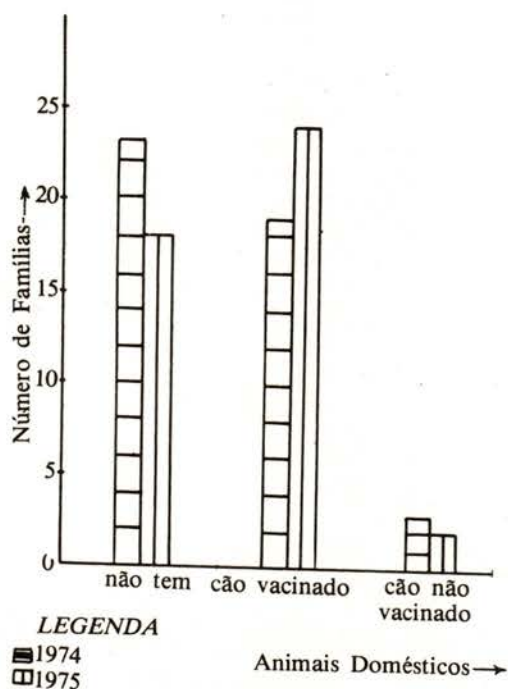


Gráfico 24. Ecologia familiar do Jardim Sabiá. Animais domésticos

2.2. Diagnóstico de Saúde da Comunidade

Foi iniciado, em 1976, levantamentos de dados necessários para o estabelecimento do diagnóstico de saúde da população de 0-7 anos, através do preenchimento da Ficha Individual.

2.3. Planejamento do Programa de Saúde

Será elaborado a partir do diagnóstico de saúde da Comunidade.

Estabelecido o diagnóstico de saúde de faixa etária de 0-7 anos, passaremos a atender as faixas etárias subsequentes, utilizando as mesmas etapas de trabalho, a fim de atingirmos gradativamente e de maneira uniforme toda a população da comunidade.

3. Atividades Desenvolvidas

3.1. Saneamento do Meio

Ao saneamento do meio compete: o controle de todas as condições físicas que circundam o homem, capazes de exercer ação nociva ao bem-estar físico, mental e social, disciplinar e resolver problemas que poderíamos catalogar como básicos, isto é, relativos à água, dejetos, lixo, habitação, higiene individual, controle de roedores e insetos vetores (Dr. Bicharat).

As tarefas de saneamento compreendem:

- abastecimento de água;
- destino de água;
- destino dos dejetos humanos;
- destino do lixo;
- higiene de habitação;
- controle de insetos e roedores.

3.2. Abastecimento de Água

O abastecimento de água constitui problema nas comunidades rurais e semi-rurais, onde na maioria das vezes, a população faz uso de água proveniente de poços, rios e lagoas, que podem estar contaminados e poluídos.

A falta de rede de água e de tratamento adequado predispõe a população a doenças, tais como: febre tifóide e paratifóide, verminoses e outras que incapacitam o homem para o trabalho e causam a morte precoce.

A população de modo geral não possui orientação suficiente para identificar, e muito menos para solucionar por si esta problemática.

Neste sentido, a equipe do CEPES encaminhou ofício à SABESP (Saneamento Básico do Estado de São Paulo), em agosto de 1975, solicitando estudo da viabilidade de instalação de rede de água e saneamento básico, tendo o referido órgão enviado três engenheiros que,

após estudo, concluíram que seria indicada a perfuração de um poço artesiano, com capacidade de abastecer toda a comunidade; esta obra deverá ser realizada ainda no corrente ano. Nesta mesma oportunidade, os engenheiros da SABESP colheram amostras de água de 5 dos 9 poços existentes na comunidade, encaminhando-as para a CETESB (Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico de Defesa do Meio Ambiente) a fim de serem analisadas.

A CETESB vem dando continuidade ao trabalho, com análises periódicas da água dos poços, tendo realizado a primeira desinfecção dos mesmos, juntamente com os moradores a fim de ensiná-los.

A continuidade da orientação vem sendo feita pela nossa equipe, de acordo com a instrução da CETESB.

Toda a população da comunidade se abastece da água destes 9 poços para uso doméstico. (Cozinhar e beber).

Tratamento domiciliar da água:

Solicitamos ao Distrito Sanitário de Santo Amaro, da Secretaria de Saúde do Estado, o fornecimento de cloro, que vem sendo distribuído sistematicamente à população, com orientação para uso correto: o resultado foi excelente. (Gráfico 17).

3.3. Destino do Lixo

Lixo é o conjunto de resíduos sólidos resultante da atividade humana, e pode assim ser discriminado: restos alimentares, cisco, resíduos sólidos do comércio e da indústria e varredura de ruas.

Nas zonas rurais e semi-rurais, o lixo fica sob os cuidados diretos e exclusivos dos moradores, no que diz respeito à coleta e destino final. Este é representado pelo lançamento em cursos de água, na própria rua, nas estradas, em terrenos baldios, em aterros, queimado ou enterrado.

O lixo constitui problema sanitário, sendo mal cuidado. Favorece a proliferação de moscas, responsáveis pela transmissão de várias doenças; serve ainda como criadouro e esconderijo de ratos e baratas e também de meio de contaminação do homem.

A solução deste problema constitui ônus que não está à altura das comunidades semi-rurais.

Do Jardim Sabiá, foi encaminhado à Administração Regional de Santo Amaro um pedido para coleta sistemática do lixo, que ob-

teve a seguinte resposta: "Devido à densidade de construções mínimas, não comporta ainda a coleta."

Como solução provisória, temos orientado a população através de programas de educação sanitária desenvolvidos junto às mães, adolescentes, escolares e pré-escolares, nos diversos setores do nosso trabalho, com resultado satisfatório. (Quadro I e gráfico 21).

3.4. Higiene da Habitação

Sendo a habitação o lugar onde as pessoas devem passar a maior parte do seu tempo, esta deve ter condições para oferecer um mínimo de conforto, proteção contra doenças e acidentes e elementos tais como: ar puro, iluminação e ventilação natural. De um modo geral, a habitação salubre deve ser ampla, com espaço adequado para seus moradores, construída em terreno seco, ter ao seu redor um quintal ou jardim e estar ligada à rede d'água e esgotos; não ser próxima a fontes de ruído intenso, de poeira ou outras substâncias de cheiro desagradável ou tóxico.

As condições das habitações do Jardim Sabiá não estão distantes das acima citadas. Para alcançar melhores condições, nossa equipe vem desenvolvendo; além dos programas de sanitária, uma atuação constante junto aos poderes públicos a fim de obter os melhoramentos necessários, tais como: guias e sarjetas, asfaltamento e conservação das ruas, iluminação e arborização. Como resposta à nossa solicitação, a Administração Regional de Santo Amaro informou-nos que tais melhoramentos dependem da oficialização das vias, e esta depende do asfaltamento da Estrada da Varginha, acrescentando que esta obra já está prevista para o presente ano.

3.5. Insetos

É de grande importância nas comunidades da periferia das cidades o controle de insetos capazes de transmitir agentes infecciosos.

Os insetos que necessitam de maior controle por desempenhar o papel de portadores passivos ou mecânicos são: moscas, mosquitos, piolhos, pulgas, barbeiros, baratas e perceijos.

As medidas de controle dos insetos baseiam-se na sua biologia, seus hábitos, e na ecologia local e devem ser permanentes devido à grande multiplicação dos mesmos.

A maioria dos insetos, quando infectados, pode transmitir doenças gastrointestinais e

respiratórias, através do transporte mecânico de bactérias, de parasitas de objetos e sujeiras, para os alimentos ou utensílios de uso doméstico, ou diretamente ao homem, pelo mesmo processo.

O combate aos mesmos deve ser feito através de limpeza de valas e esgotos, com substâncias químicas e destino adequado de detritos e lixo. (Quadro 1 e gráfico 23).

3.6. Roedores

Os roedores de maior importância são os ratos e ratas que contaminam os alimentos após o contato com os poços como também o homem, diretamente, através de mordeduras.

O controle dos mesmos visa a prevenção da peste bubônica, parasitose intestinal e leptos-

pirose, e deve ser feito através de eliminação de ninhos, supressão de alimentos e envenenamento.

Em grande parte das comunidades semi-rurais este controle é negligenciado; por um lado, a população encara apenas os perigos econômicos e, por outro lado, desconhece os perigos que estes animais representam para sua saúde. (Quadro 1 e gráfico 23).

3.7. Vacinação

Toda a vacinação de 1974 foi realizada por iniciativa da equipe do CEPES, e efetuada totalmente pela mesma, tendo o Distrito Sanitário de Santo Amaro fornecido vacinas. (Tabelas 17 e 18).

TABELA 17 — Vacinação realizada na comunidade do "Jardim Sabiá", em 1974

DATA	DOSE	TIPOS DE VACINAS					
		SARAMPO	TRÍPLICE	DUPLA	ANTIVARIOLICA	ANTITETÂNICA	SABIN
28/08/74	1. ^a	57	48	29	67	41	104
	2. ^a	-	1	-	-	-	-
	3. ^a	-	1	-	-	-	1
	reforço	-	2	9	9	14	9
	TOTAL	57	52	32	76	55	114
24/10/74	1. ^a	26	22	15	31	34	61
	2. ^a	-	30	20	-	16	60
	3. ^a	-	4	1	-	-	-
	reforço	-	-	1	10	3	2
	TOTAL	26	56	37	41	53	123

TABELA 18 — Vacinação contra meningite realizada na Comunidade do Jardim Sabiá, em 1974.

DATA	TIPOS	N.º DE PESSOAS VACINADAS
03-10-74	"C"	42
27-11-74	"A"	64
27-11-74	"C"	32
TOTAL GERAL	—	138

Nota: Em toda comunidade houve apenas um caso de meningite (com recuperação).

Em 1975, as campanhas de vacinação realizadas pelo Distrito Sanitário de Santo Amaro abrangeram as escolas da comunidade Jardim Sabiá, com a participação ativa da equipe.

3.8. Vacinação Anti-rábica

Atendendo a nossa solicitação, o Centro de Zoonoses da Prefeitura Municipal de São Paulo realizou em setembro de 1974 vacinação anti-rábica para cães e gatos.

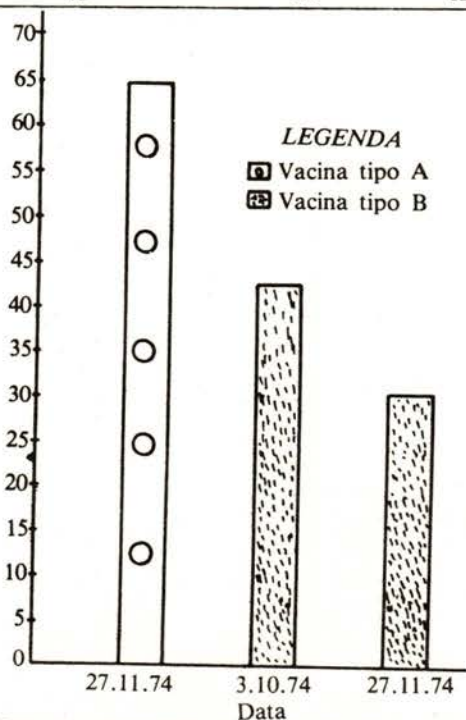


Gráfico 25. Vacinação contra meningite, realizada no Jardim Sabiá.

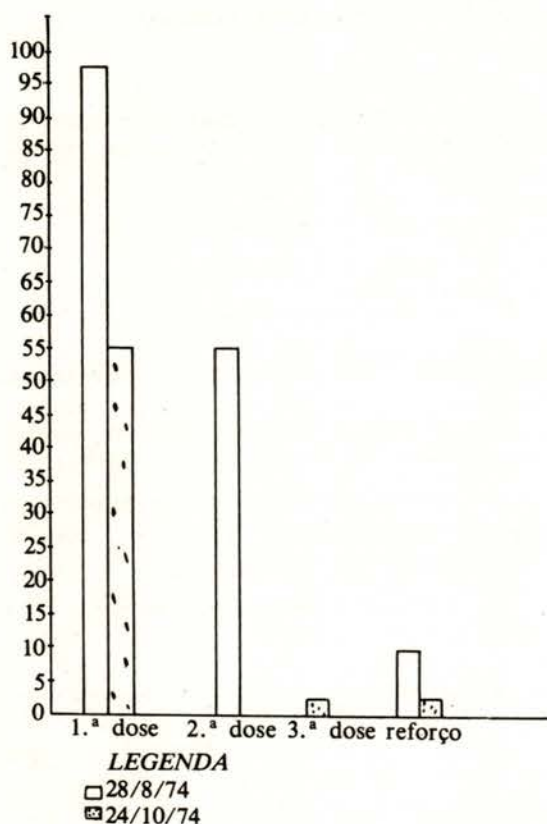


Gráfico 26. Vacinação realizada no Jardim Sabiá. Vacinação Sabin

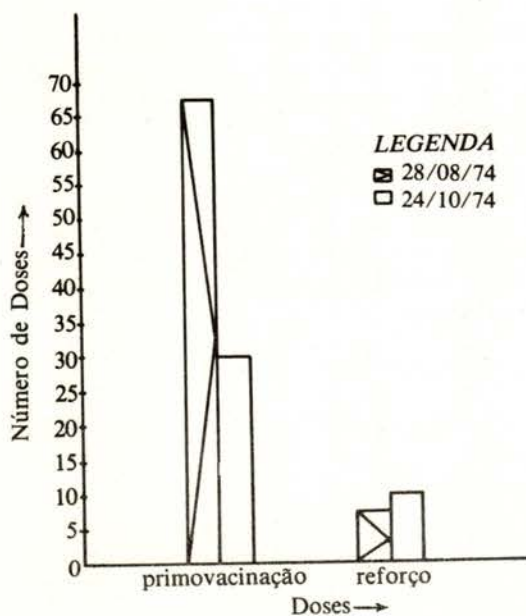


Gráfico 27. Vacinação realizada no Jardim Sabiá. Vacinação antivaricela

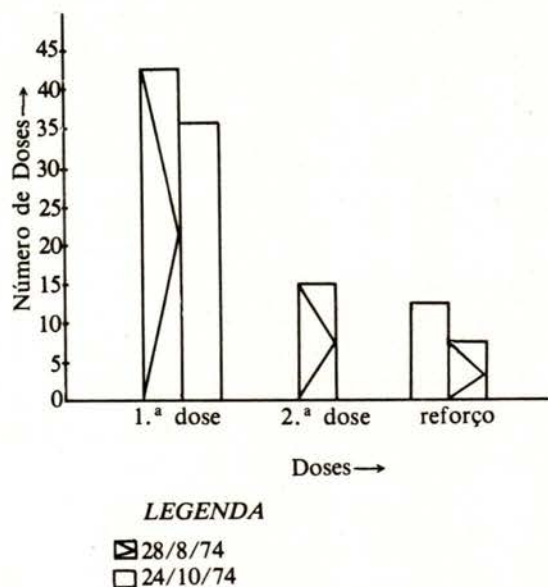


Gráfico 28. Vacinação realizada no Jardim Sabiá. Vacinação Antitetânica

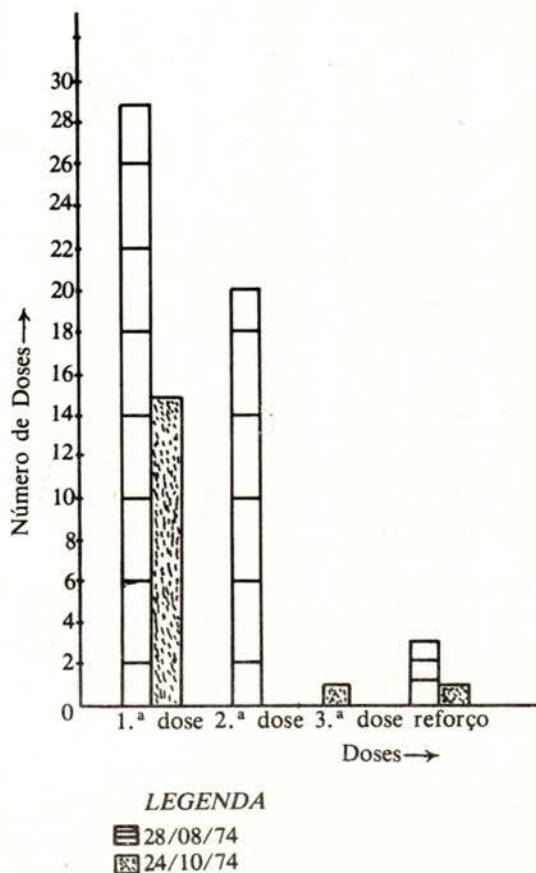


Gráfico 29. Vacinação realizada no Jardim Sabiá. Vacinação antitetânica

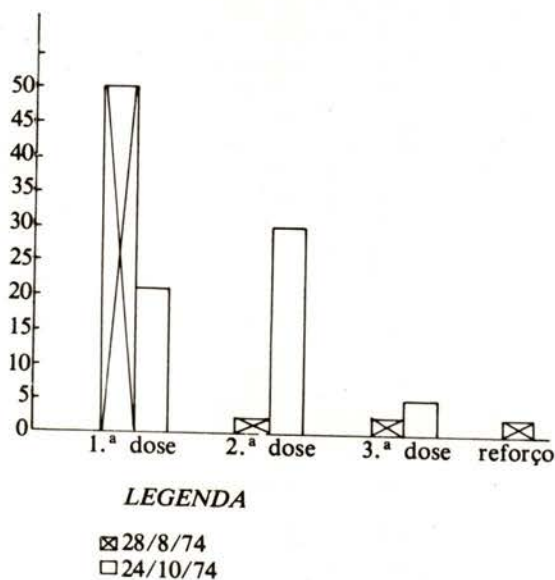


Gráfico 30. Vacinação realizada no Jardim Sabiá
 Vacinação tríplice

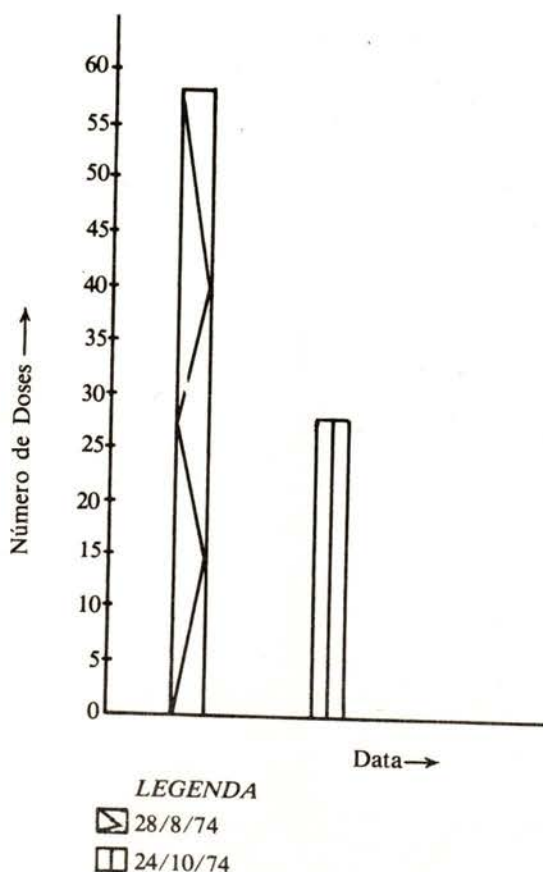


Gráfico 31. Vacinação realizada no Jardim Sabiá
 Vacinação contra sarampo

3.9. Visita domiciliária, visando:

- educação sanitária;
- identificação de problemas que estejam influenciando na saúde e bem-estar da população;
- assistência à gestante;
- assistência à puerpera;
- assistência ao recém-nascido.

3.10. Outros Atendimentos de Enfermagem

- encaminhamento para hospitais, centros de saúde, de reabilitação e outras instituições;
- distribuição de medicamentos, tais como: vitaminas, anti-helmínticos, antitêrnicos, analgésicos e outros;
- curativos, tratamentos, aplicações de injeções.

4. Avaliação

Sendo o conhecimento um dos fatores que norteia a conduta humana, partimos desse princípio dando maior atenção à parte educativa, e os próprios elementos da Comunidade nos informaram que suas necessidades prioritárias estavam relacionadas com o fator educativo. Obtivemos tais informações através de visitas domiciliares e contatos informais com as mesmas pessoas da Comunidade. Desta forma, nossa observação culminou com os interesses relatados pelos elementos da comunidade.

Inicialmente, nossa assistência limitou-se ao atendimento dos casos mais necessários, encaminhando-os para os devidos locais de atendimento e só em 1976 começamos a estruturar o serviço de saúde, prestando atendimento na comunidade.

VI. CONCLUSÃO

Baseando-se na experiência do trabalho comunitário que acabamos de expor, concluímos que:

— Os profissionais de saúde devem colaborar para elevação do nível da saúde da população.

— As enfermeiras pediatras devem tomar a iniciativa de organizar ou participar de equipes de trabalho de Pediatria Social em intervenção

comunitária, a fim de colaborar mais eficientemente na promoção da saúde e prevenção de doenças.

— Consideramos ainda que essa atuação da enfermeira pediatra vem diminuir a hospitalização e as reinternações repetidas de crianças em todo país, contribuindo, assim, para diminuição da taxa de morbidade e mortalidade infantil. A longo prazo, elevaria a porcentagem de adultos economicamente ativos e responsáveis como cidadãos participantes.

— É dever da sociedade e das autoridades, proporcionar à criança condições necessárias para garantir o pleno desenvolvimento biopsico-social, conforme enunciado na "Declaração dos Direitos da Criança" da Organização das Nações Unidas.

VII. REFERÊNCIAS

Mande, Raymond *et alii*, 1972. *Pediatric sociale*. Paris, Flammarion Medicine-Ciences.

- CEPES. *Projeto de intervenção comunitária: comunidade Jardim Sabiá*. São Paulo, 1974.
- Marcondes, Eduardo & Alcantara, Pedro de, 1974. *Pediatric básica*. 4. ed. São Paulo, MEC, 2 v.
- Pieron, Henri, 1972. *Dicionário de psicologia*. Porto Alegre, Globo.
- CEPES. *Técnicas de intervenção comunitária na área de pediatria social: comunidade Jardim Sabiá*. São Paulo, 1975.
- Marcondes, Aguinaldo N., 1973. *A infância do Brasil em transformação*. Rio de Janeiro, Vozes.
- Néríci, Imídeo Giuseppe, 1975. *Ensino renovado e fundamental*. 5. ed. São Paulo, Nobel.
- Néríci, Imídeo Giuseppe, 1973. *Metodologia do ensino superior*. 2. ed. Rio de Janeiro, Cultura.
- Edição guias curriculares: 1.ª a 4.ª séries. *R. Pedag. bras.*, 6 (49/50): 1-287, mar-abr. 1976.
- Berlo, David K., 1972. *O processo da comunicação*. Rio de Janeiro, Cultura.
- Reis, Aylda Pereira, 1967. *Você e sua comunidade*. Rio de Janeiro, SESI.
- Lima, Lauro de Oliveira, 1969. *Dinâmica de grupo*. Petrópolis, Vozes.
- Oraison, Marc, 1965. *Une morale pour notre temps*. Paris, A. Fayard.
- Brasil. Ministério da Saúde. Coordenação de Proteção Materno-Infantil. *Clube de Mães*. Rio de Janeiro, 1972.
- Rogers, Carl R. *Tornar-se pessoa*. 2. ed. Lisboa, Martins Fontes.

Configurações compactas no universo

J.A. DE FREITAS PACHECO, Departamento de Astronomia, Universidade de São Paulo

...il existe donc dans les espaces célestes, des corps obscurs aussi considérables, et peut-être en aussi grand nombre, que les étoiles.

...il est donc possible que les plus grands corps de l'Univers soient invisibles.

Pierre-Simon Laplace, em *Exposition du Systeme du Monde* (1975)

1. INTRODUÇÃO

Objectos compactos estão associados com as últimas fases da evolução estelar. Seus progenitores, e a evolução que leva a estas configurações de grande densidade serão abordadas neste simpósio (vide Z. Abraham) e aqui nos limitaremos a estudar as propriedades básicas de tais objectos e a comparação com as observações astronômicas, visando estabelecer suas existências na natureza.

As configurações compactas de interesse são as *anãs brancas*, as *estrelas de nêutrons* e os *buracos negros*.

Um ponto de extrema importância no estudo dos objectos colapsados é a noção da existência de uma *massa crítica*, acima da qual nenhuma configuração é estável.

Vamos então, primeiramente, estabelecer a partir de princípios físicos fundamentais as propriedades de tais objectos e em especial a existência da massa crítica.

2. A MASSA CRÍTICA

Consideremos um sistema de N partículas sujeitas a sua autogravitação. A energia total E do sistema será dada pela soma das energias das partículas e da energia potencial gravitacional, isto é,

$$E = N\epsilon + \Omega \quad 2.1$$

onde

$$\epsilon^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2 \quad 2.2$$

e

$$\Omega = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} \quad 2.3$$

* Simpósio realizado durante a 28.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em Brasília, em julho de 1976.

Para o cálculo da energia potencial gravitacional, foi suposto que a distribuição das N partículas é esférica (de raio R) e homogênea. M é a massa total do sistema ($M = Nm$).

Pelo princípio de Heisenberg, a quantidade de movimento p das partículas está relacionada com o tamanho ℓ da célula na qual a partícula se acha confinada por,

$$p \sim \frac{\hbar}{\ell} \quad 2.4$$

Nestas condições, o volume total da configuração será (Princípio de Pauli)

$$\frac{4\pi}{3} R^3 = \frac{4\pi}{3} \ell^3 N$$

ou

$$R = N^{1/3} \ell \quad 2.5$$

Escrevendo-se ℓ em unidades do comprimento de onda Compton associado à partícula, isto é,

$$\ell = x \frac{\hbar}{mc} \quad 2.6$$

as eqs. 2.4 e 2.5 ficam:

$$p \sim \frac{mc}{x} \quad 2.7$$

e

$$R = N^{1/3} \frac{\hbar}{mc} x \quad 2.8$$

Vamos analisar primeiramente o caso das *anãs brancas*. Nestes objectos, a pressão que suporta a autogravitação é devida aos elétrons degenerados, enquanto que a massa é devida aos bárions associados com cada elétron (um próton, no caso de uma configuração de H e um próton e um nêutron no caso de uma configuração de He ou Fe). A energia total é dada

pela energia dos elétrons, a energia de repouso dos bárions e pela energia gravitacional dos bárions associados, isto é,

$$E = N \left[(pc)^2 + (m_e c^2)^2 \right]^{1/2} + Nmc^2 - \frac{3}{5} \frac{G(Nm)^2}{R} \quad 2.9$$

Usando as eqs. 2.7 e 2.8, a equação acima fica

$$\frac{E}{Nmc^2} = \left(1 + \frac{1}{x^2}\right)^{1/2} + \left(\frac{m}{m_e}\right) - \frac{\lambda}{x} \quad 2.10$$

onde introduzimos

$$\lambda = \frac{3}{5} \frac{G}{hc} m^2 N^{2/3} \quad 2.11$$

Obviamente a configuração será estável para um mínimo da energia total.

Derivando-se a eq. 2.10 e igualando-se a zero

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{E}{Nmc^2} \right) = \frac{1}{x^3 \sqrt{1 + 1/x^2}} - \frac{\lambda}{x^2} = 0$$

ou

$$x_{\min} = \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - 1} \quad 2.12$$

Da eq. 2.12 é fácil verificar que se $\lambda < 1$, há um valor de $x_{\min}$ e o sistema é estável. Se $\lambda > 1$, tal valor não existe e o sistema colapsa "indefinidamente". Portanto, com o valor $\lambda_{\text{crit}} = 1$, através da eq. 2.11, podemos determinar o número crítico (máximo) de bárions para uma configuração estável, que é dado por

$$N_{\text{crit}} = \left(\frac{5}{3} \frac{\hbar c}{Gm^2} \right)^{3/2} \quad 2.13$$

A tabela abaixo nos dá o número de bárions crítico e a massa crítica da configuração, no caso desta ser constituída de H e no caso He (Fe).

TABELA 1

	H	He(Fe)
N_{crit}	4.7×10^{57}	5.9×10^{56}
M_{crit}	$3.9 M_{\odot}$ ($5.75 M_{\odot}$)	$1 M_{\odot}$ ($1.46 M_{\odot}$)

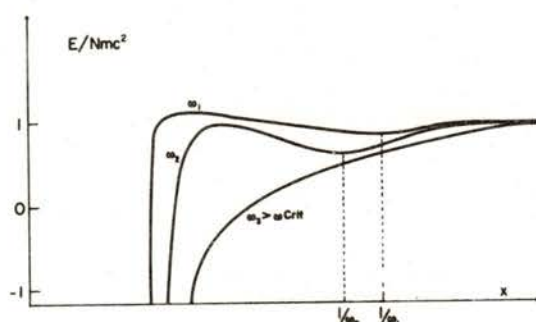


Fig. 1

Entre parênteses, na tabela 1., são dados os valores das massas críticas calculadas através de uma análise mais detalhada. Tais valores são conhecidos como "limite de Chandrasekhar", já que foram obtidos por S. Chandrasekhar, em 1930.

Combinando as eqs. 2.8, 2.11 e 2.12, podemos obter uma relação "Raio versus Massa" da forma

$$R = \frac{\hbar}{m_e c} \frac{M^{1/3}}{m^{1/3}} \left[\left(\frac{M_{\text{crit}}}{M} \right)^{4/3} - 1 \right]^{1/2} = 3,28 \times 10^8 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{1/3} \left[\left(\frac{M_{\text{crit}}}{M} \right)^{4/3} - 1 \right]^{1/2} \text{ cm} \quad 2.14$$

A eq. 2.14 nos mostra que, para valores de massas no intervalo $1,0 M_{\odot}$ a $0,1 M_{\odot}$, os raios situam-se respectivamente entre $3,8 \times 10^{-3} R_{\odot}$ e $1,3 \times 10^{-2} R_{\odot}$. As densidades médias correspondentes a estes limites são respectivamente $2,5 \times 10^7 \text{ g cm}^{-3}$ e $6,3 \times 10^4 \text{ g cm}^{-3}$.

Vamos examinar agora a existência de uma massa crítica para uma configuração neu-trônica autogravitante. Neste caso, a pressão é devida essencialmente aos nêutrons degenerados. Aqui, os efeitos relativísticos são extremamente importantes e a "massa gravitacional" equivalente do nêutron é dada por ϵ/c^2 . Nestas condições, a energia total da configuração é:

$$E = N_{\epsilon} - \frac{3}{5} \frac{G}{R} (N_{\epsilon})^2 \quad 2.15$$

Usando-se as eqs. 2.2, 2.7 e 2.8, a equação 2.15 acima fica

$$\frac{E}{Nmc^2} = \left(1 + \frac{1}{x^2}\right)^{1/2} - \omega \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x^3} \right) \quad 2.16$$

onde introduzimos

$$\omega = \frac{3}{5} \frac{G}{\hbar c} m^2 N^{2/3} \quad 2.17$$

Nas equações acima, m é a massa de repouso do nêutron.

O comportamento da eq. 2.16 é mostrado esquematicamente na figura 1. Para grandes valores de x , a energia total é essencialmente a energia de repouso da configuração, isto é,

$$\lim_{x \rightarrow \infty} E/Nmc^2 = 1.$$

Conforme x diminui, a energia total diminui devido ao termo do potencial gravitacional.

Se $\omega < \omega_{\text{crit}}$, há um mínimo para $x = 1/\omega$ e o sistema é estável. Se $\omega > \omega_{\text{crit}}$ a força gravitacional sempre aumenta mais rápido que as forças de pressão e tal mínimo deixa de existir. Para $\omega > \omega_{\text{crit}}$ o sistema *pode ser estável*, mas se perturbado suficientemente, colapsará. Numericamente $\omega_{\text{crit}} \approx 0.256$. Neste caso, da eq. 2.17, o número máximo de nêutrons da configuração e sua massa crítica são

$$N_{\text{crit}} = 6,2 \times 10^{56} \text{ e } M_{\text{crit}} \approx 0,52 M_{\odot} \quad 2.18$$

Uma análise mais detalhada requer um conhecimento prévio da equação de estado, incluindo o potencial das interações fortes e a presença de híperons. O valor máximo da pressão permitido pelo princípio da causalidade nos leva a uma massa crítica da ordem de $3 M_{\odot}$, valor este que pode ser aumentado de 10-20 por cento devido a rotação do sistema.

Usando a eq. 2.8 e o fato que, para $\omega < \omega_{\text{crit}}$, $x = 1/\omega$, o raio da configuração é

$$R = \frac{5}{3} \left(\frac{\hbar}{m} \right)^2 \frac{M^{-1/3}}{Gm^{2/3}} \quad 2.19$$

que nos dá um valor da ordem de 7 km para uma massa de $0,5 M_{\odot}$ e uma densidade média de $6,9 \times 10^{14} \text{ gcm}^{-3}$.

3. EVIDÊNCIAS ASTRONÔMICAS DA EXISTÊNCIA DE ANÃS BRANCAS E ESTRELAS DE NÊUTRONS

No que concerne às anãs brancas, estes objectos foram observados astronomicamente antes do seu desenvolvimento teórico. Sirius B foi descoberta por Bessel em 1830, estudando perturbações na órbita de Sirius. Hoje se conhece um grande número de anãs brancas,

algumas delas fazendo parte de sistemas binários, o que nos permite calcular suas massas e com raios determinados a partir de sua luminosidade e temperatura efetiva.

A figura 2 nos mostra a relação "Raio X Massa", teórica, comparada com dados recentes de uma lista de anãs brancas dada por Lang (1974). Embora o erro na determinação das massas seja considerável, podemos verificar que os valores observacionais são bastante consistentes com a relação teórica, com exceção de L930-80, que aparentemente possui um raio extremamente pequeno para a massa que lhe é atribuída. Um estudo deste objeto se faz necessário com urgência.

Para duas anãs brancas, Sirius B e 40 Eri B, o "redshift" gravitacional pôde ser medido e este pode ser considerado como um teste para a medida da razão M/R destes objectos.

A tabela abaixo nos dá a velocidade radial atribuída ao "redshift" gravitacional, bem como à calculada a partir dos valores da massa e raio.

TABELA 2

Objeto	$M/M_{\odot}$	$R/R_{\odot}$	v_g (calculado)	v_g (atribuído)
Sirius B	0.57	10^{-2}	37 km/s	89 km/s
40 Eri B	0.44	0.013	21 km/s	23 km/s

Levando-se em conta novamente a incerteza nas massas e as dificuldades de separação da medida de velocidade radial, das contribuições movimento próprio da estrela e "redshift gravitacional", podemos concluir que o acordo dos valores é razoavelmente bom.

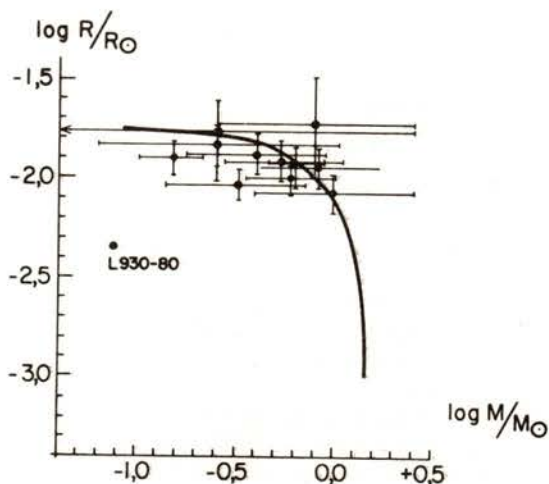


Fig. 2

Em cinco anãs brancas foram observadas variações luminosas periódicas que podem ser atribuídas a rotação ou pulsação da estrela. Em ambos os casos, considerações de estabilidade nos mostram que a densidade média do objeto deve satisfazer a relação

$$\rho > \frac{3\pi}{GP^2} \quad 3.1$$

onde P é o período da variabilidade.

A tabela abaixo nos dá as propriedades dos objetos acima mencionados bem como as densidades calculadas a partir da eq. 3.1.

TABELA 3

Objeto	Período (seg)	ρ (g cm ⁻³)
R 548	212,834	$3,1 \times 10^3$
HL Tau 76	746,220	253
G 44-32	1638,0	52
HZ 29	1051,118	127
G 61-29	~ 20	$3,5 \times 10^5$

Podemos verificar que as densidades médias mínimas requeridas para a estabilidade são novamente compatíveis com os valores que obtivemos para as anãs brancas na secção anterior.

Todas estas informações nos mostram que não pode pairar nenhuma dúvida quanto a existência destas configurações degeneradas no Universo.

Passemos a examinar agora a existência das estrelas de nêutrons.

Em 1968 foram descobertas rádio-fontes pulsantes, *pulsares*, cuja emissão rádio se faz sob a forma de pulsos extremamente regulares, com períodos típicos da ordem de 0,3 s (o menor período detectado é de 33 ms). Hoje aceita-se que o mecanismo responsável pela regularidade dos pulsos está associado a rotação de um objeto compacto. Aplicando-se a eq. 3.1, verificamos que as densidades médias destes objetos devem ser superiores a $1,6 \times 10^9 \text{ g cm}^{-3}$ ($10^{11} \text{ g cm}^{-3}$ no caso do pulsar do Caranguejo). Tais valores são nitidamente superiores aos esperados numa anã branca e só podem ser encontrados nas configurações neutrônicas degeneradas que estudamos na secção anterior. Por outro lado, os pulsos de radiação apresentam sub-estruturas com escalas de tempo da ordem de 100 μs . Para que a emissão seja coerente, as dimensões da região emissiva devem ser menores que $c\tau$, isto é, 30 km. Tais dimensões são muito menores que os raios típicos de uma anã branca (~7000 km) e são características das configurações neutrônicas

degeneradas autogravitantes. Os argumentos apresentados acima são decisivos para a associação dos pulsares com estrelas de nêutrons.

Na década de 70, com o desenvolvimento da astronomia espacial, e em especial da astronomia de raios X, foram descobertas fontes celestes de raios X associados a sistemas binários.

O modelo "padrão" destes sistemas binários consiste em supor que uma das estrelas do par preencha a superfície de Roche, possibilitando transferência de matéria através do ponto interno de Lagrange para a componente secundária. A matéria que flui para a secundária, devido ao seu momento angular, é capturada orbitalmente formando um "disco". Forças viscosas presentes no disco (viscosidade turbulenta) produzem transferência de momento angular, fazendo com que a matéria espirale em direção ao objeto secundário, centro do campo de forças. Durante seu movimento na direção ao centro, o gás se aquece pela transformação de energia gravitacional em energia térmica, irradiando, então, raios X, devido às altas temperaturas desenvolvidas.

Vamos estimar a temperatura do material do disco.

A energia por unidade de massa numa órbita circular kepleriana de raio r é:

$$E = - \frac{GM_x}{2r} \quad 3.2$$

onde M_x é a massa do objeto associado à fonte de raios X.

A energia dissipada por unidade de massa e tempo é:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{GM_x}{2r^2} v_r \quad 3.3$$

onde v_r é a velocidade radial na direção ao centro, determinada pelo mecanismo de transferência de momento angular.

A taxa de energia dissipada dada pela eq. 3.3 deve ser igual à taxa de energia por unidade de massa radiada pelo material do disco, que nas temperaturas consideradas é radiada essencialmente via Bremsstrahlung. Portanto

$$\frac{GM_x}{2r^2} v_r = a_B \rho T^{1/2} \quad 3.4$$

onde $a_B = 5,12 \times 10^{20} \text{ cgs}$ é uma constante e ρ é a densidade do material do disco em r.

Utilizando-se da equação de continuidade, a eq. 3.4 pode ser escrita como

$$r^2 = \frac{(GM_X)^4 \pi a^2 \gamma^2}{a_B^2 \dot{M}_X^2 T} \quad 3.5$$

onde $\dot{M}_X$ é a taxa de transferência de matéria da primária para a secundária e a e γ são parâmetros de estrutura do disco. a mede a escala de altura do disco Z em r ($a = Z/r$), dependendo da solução de equilíbrio hidrostático. γ mede a eficiência do transporte do momento angular ($\gamma = v_r/v_K = v_r(r/GM_X)^{1/2}$). Ambos os parâmetros de estrutura foram calculados em detalhes por Pacheco e Steiner (1976) e Steiner (1975).

Por outro lado, a luminosidade L_X do objeto, em raios X, está relacionada com a taxa de transferência pela equação

$$L_X = \frac{1}{2} \frac{GM_X \dot{M}_X}{r} \quad 3.6$$

Das eqs. 3.5 e 3.6 obtemos

$$r = \frac{(na)}{2a_B}^{1/2} \gamma \frac{(GM_X)^{3/2}}{L_X^{1/2} T^{1/4}} \quad 3.7$$

A emissão de raios X observada na região do kilo-volt (2 keV, valor típico) implica que a temperatura na região emissiva é da ordem de 5×10^7 °K. As luminosidades observadas são da ordem de $L_X \sim 5 \times 10^{36}$ erg s⁻¹ e os parâmetros da estrutura na região interna do disco são aproximadamente, $a \approx 0,3$ e $\gamma \approx 0,03$. Assumindo-se que a massa típica das fontes X é da ordem da massa solar (este ponto será discutido em seguida), a eq. 3.17 nos permite estimar as dimensões internas do disco. Com os valores acima, $r_{int} \sim 14$ km. Desta forma, a fonte de raio X tem que estar necessariamente associada a um objeto compacto. As dimensões do raio interno do disco obtidas eliminam as anãs brancas. Assim, as fontes de raios X devem estar associadas a estrelas de nêutrons ou a buracos negros.

Neste ponto de nossa apresentação introduzimos um novo tipo de objeto colapsado — o buraco negro. Na nossa apresentação, consideraremos os buracos negros como sendo configurações de dimensões inferiores ao seu raio de Schwarzschild, criando assim curvaturas intensas no espaço-tempo, que nenhuma comunicação com o universo exterior é possível. Como as demais propriedades e origem dos buracos negros serão discutidas por outros

oradores neste simpósio, nos limitaremos a esta definição básica e nos estenderemos sobre as possibilidades de "detectá-los" no Universo.

Como as fontes X em sistemas binários exercem forças de maré na componente primária do par, é possível, utilizando-se de observações fotométricas e de velocidades radiais, determinar as massas destes objetos (Pacheco 1975, Sodré 1976).

A tabela abaixo nos dá as massas calculadas, para as fontes X em alguns sistemas binários, por Sodré (1976).

TABELA 4

Objeto	M/M _o
Her X-1	0,54 - 0,87
Cen X-3	1,5 - 2,2
2U1700-37	1,1 - 1,4
2U0900-40	2,6
Cyg X-1	12,0

Podemos verificar que todos os objetos, com exceção de um único, Cyg X-1, possuem massas inferiores à massa crítica de uma configuração neutrônica autogravitante e logo, podem ser associados às estrelas de nêutrons. E Cyg X-1?

4. CYGNUS X-1, O PRIMEIRO BURACO NEGRO DETECTADO?

O modelo "standard" no qual a emissão de raios X é feita num disco gasoso, nos leva à conclusão que as dimensões internas de tal disco são da ordem de poucas dezenas de quilômetros, associando o objeto central a uma configuração colapsada e excluindo a possibilidade de tal configuração ser uma anã branca.

No caso do sistema binário na constelação do Cisne, a massa associada ao objeto compacto é cerca de 12 M_o. Conforme o visto na secção 2., a massa crítica para uma configuração neutrônica autogravitante estável é da ordem de 3 M_o. Neste caso, o objeto colapsado pode estar associado a um buraco negro. Alguns autores procuraram construir um modelo para Cyg X-1 admitindo que o sistema fosse triplo. A secundária seria uma estrela de 11 M_o (B-0 ?) e em torno dela orbitaria uma estrela de nêutrons de uma massa solar. No entanto, a variabilidade (fotométrica) da curva de luz, a curva de velocidade radial e os "dips" de absorção em raios X "moles", que ocorrem

sempre na vizinhança da mesma fase (conjunção superior), não corroboram tal modelo.

Se Cyg X-1 estiver de fato associado com um buraco negro e admitirmos o modelo-disco, o raio interno do disco será a distância do buraco negro no qual órbitas fechadas ainda são possíveis. Tal distância, no caso de um buraco negro de Schwarzschild (Momento Angular do "buraco" é nulo), é cerca de três vezes o raio do horizonte, isto é,

$$r \approx \frac{6GM}{c^2} \quad 4.1$$

que para um objeto de $12 M_{\odot}$ corresponde a uma distância de 106 km. Além disso, instabilidades dinâmicas nas vizinhanças da "última órbita estável" fazem-nos prever flutuações na emissividade dos raios X com escalas de tempo da ordem de

$$\tau \sim 92 \frac{GM}{c^3} \quad 4.2$$

que para Cyg X-1 corresponde a valores da ordem de 5 ms, em excelente acordo com as observações de Rothschild *et al.* (1974).

Steiner (1975) e Pacheco e Steiner (1976) construíram um modelo para Cyg X-1 admitindo que o objeto compacto seja na realidade um buraco negro e calcularam o espectro dos raios X emitidos pelo disco. O resultado obtido pode ser visto na figura 3. Podemos verificar a excelência do acordo obtido com as observações. Até o presente, nenhum outro modelo proposto pôde apresentar tais resultados.

5. HÁ OUTROS CANDIDATOS A BURACOS NEGROS?

O buraco negro só pode ser detectado pela ação do seu campo gravitacional. Assim sendo, a condição mais propícia é quando fizer parte de um sistema binário. Se houver transferência de matéria numa taxa relativamente elevada (10^{-8} - $10^{-9} M_{\odot}/\text{ano}$), poderá formar-se um disco e haver emissão de raio X. Se a taxa de transferência for baixa, o sistema não poderá ser detectado como fonte X, dificultando uma possível identificação.

Na sequência principal, onde a energia das estrelas é produzida por reações termonucleares que convertem o H em He, existe uma relação "Massa-Luminosidade", isto é, a luminosidade da estrela é proporcional a massa. Aproximadamente

$$L \sim M^3, 3$$

No entanto, em certos sistemas binários (espectroscópicos) apenas um espectro é visível. Do espectro observado, conclui-se que a secundária, componente "invisível" é um objeto massivo e que portanto deveria ser muito brilhante, mas que não é detectado. Estes sistemas seriam, em princípio, objetos promissores para a procura de buracos negros. Tal programa está atualmente em curso no I. A. G., sob a responsabilidade de A. Daminieli.

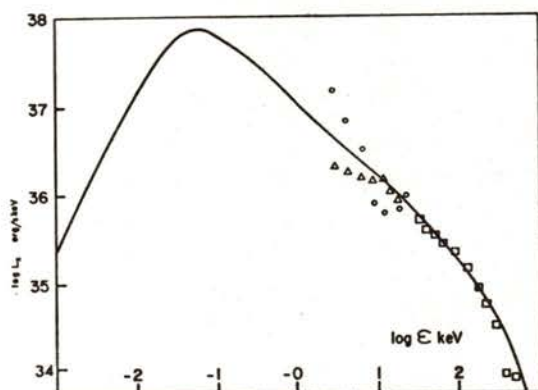


Fig. 3

Na figura 4, apresentamos um "diagrama de viabilidade" construído da forma seguinte: se atribuirmos um valor de massa correspondendo ao tipo espectral da componente visível (M_1), podemos através da função de massa calcular a massa mínima da componente "invisível", fazendo-se $i = 90^\circ$ (i é o ângulo de inclinação da órbita). Chamaremos este valor de M_2 . Por outro lado, à massa M_1 corresponde uma magnitude visual absoluta M_V (eq. 5.1).

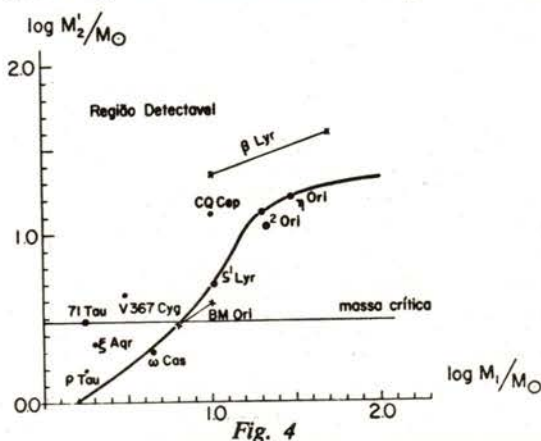


Fig. 4

Para que a secundária possa ser detectada é necessário que a diferença de magnitudes não seja superior a 2^m . Neste caso à $M_V + 2$ corresponde, via eq. 5.1 uma massa M_2 , que na figura 4, é representada pela linha sólida. Neste

caso, os objetos acima da linha sólida são seguramente *subluminosos* e são potencialmente candidatos a objetos colapsados e em especial a buracos negros se suas massas mínimas estiverem acima da massa crítica de estabilidade. Do diagrama da figura 4, resulta que os objetos mais interessantes são: β Lyr, CQ Cep, V 367 Cyg e 71 Tau.

O sistema β Lyr tem sido estudado enormemente nestes últimos cinco anos, mas nenhuma conclusão a respeito da componente "invisível" foi obtida até o presente, devido às dificuldades para a interpretação do espectro e fotometria, que apresentam características extremamente complexas. O sistema tem um período orbital de 12,933 dias, que está aumentando na taxa de 22,3 s/ano (Hack *et al.*, 1975), indicando grande transferência e/ou perda de massa. O espectro no UV apresenta características diversas que na região visível (B8), apresentando inúmeras linhas de emissão. Ao contrário das afirmações de Skul'skii (1972), nenhum autor encontrou, até o presente, evidências do espectro da componente secundária.

TABELA 6 — Sistemas do Tipo β Lyrae

Estrela (HD)	Batten (n.º)	Tipo Espectral	P (dias)	f (m) ($M_{\odot}$)	amplitude de variação luminosa
β Lyr	534	B8 pe	12,9	8,5	3^m3-4^m2
72754	—	BaI:pe	33,7	8,9	$6,84-7,06$
W Cru	348	Gl Iab e	198,5	5,8	9^m0-9^m6
47129	221	08 e	14,4	12,9	6^m0 (irregular)
AO Cas	7	08.5 + 08.5	3,5	4,1	6^m05-6^m25
V 453 Sco	495	BO e	12,0	8,8	6^m5-6^m9
V448 Cyg	591	B1 + 09.5	6,5	6,7	8^m0-8^m5
698	5	B9 + (B5)	55,9	3,6	7^m08 (Não)
E Aur	149	A8 Ia	9890	3,1	3^m0-3^m8
HD 33232 (?)		B3n + cAO		10,4	

O estudo de tais sistemas está ainda no início (HD 72754 tem sido observada fotoeletricamente em Valinhos) e conclusões sobre a natureza da companheira "invisível" são certamente prematuras. Um maior número de observações são necessárias, espectroscópicas e fotométricas, e um grande trabalho teórico resta a fazer, na confecção de modelos para estes objetos. É possível que a busca de buracos negros nestes sistemas resulte infrutífera, e que apenas Cyg X-1 continue sendo um real candidato, mas poderá nos levar, talvez, à concepção de uma nova classe de objetos subluminosos ou nos levar a dar uma importância maior para a contribuição luminosa de discos presentes em tais sistemas.

dária. A amplitude de variação luminosa $\Delta m = 0^m,9$ é interpretada como sendo devida a ocultação de um disco gasoso em torno do objeto compacto, que eventualmente estaria associado a componente invisível. Utilizando a função de massa do sistema, $f = 8,5 M_{\odot}$, para valores de massa compatíveis com o tipo espectral da primária, os seguintes valores são obtidos para a secundária:

TABELA 5

$M_1 \sin^3 i$	$M_2 \sin^3 i$	$g = M_1/M_2$
10	19,6	0,51
15	23,0	0,65
20	26,3	0,76

Podemos verificar que a secundária é mais massiva que a primária e mesmo assim seu espectro não é detectável.

Atualmente conhece-se uma dezena de objetos do tipo β Lyr, cujas características do sistema são dados na tabela 6.

REFERÊNCIAS

- Chandrasekhar, S., 1931. *Phil. Mag.*, 11, 592; *Astrophys. J.* 74, 81.
 Hack, M., Hutchings, J. B., Kondo, Y., McCluskey, M. C., Plavec, M. and Polidau, R. S., 1975. *Astrophys. J.* 198, 453.
 Lang, K. R., 1974. *Astrophysical formulae* — Springer-Verlag.
 Pacheco, J. A. de Freitas, 1975. *Astrophys. Sp. Sci.* 32, 205.
 Pacheco, J. A. de Freitas e Steiner, J. E., 1976. *Astrophys. Sp. Sci.* 39, 487.
 Rothschild, R. E., Boldt, E. A., Holt, S. S. e Selermitsos, P. J., 1974. *Astrophys. J.* 189, L 13.
 Skul'skii, M. J., 1972. *Soviet astronomy — AJ.* 15, 606.
 Sodré, L., 1976. *Tese*, Universidade de São Paulo.
 Steiner, J. E., 1975. *Tese*, Universidade de São Paulo.

Física dos buracos negros

JAYME TIOMNO, Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, R.J.

I — O BURACO NEGRO É NEGRO

Desde a primeira caracterização correta da gravidade por Galileu (1590) até o interesse despertado na década de 1960 pelos campos gravitacionais extremamente fortes decorreram quase quatro séculos. Grande interesse concentrou-se ultimamente na possível existência e descoberta de corpos celestes em cuja superfície a força gravitacional é tão grande que nada, nem a luz, pode escapar do mesmo: são os "buracos negros" que não têm luminosidade externa.

São os seguintes os marcos principais dessa jornada:

1592 — Princípio de Equivalência (entre gravidade e aceleração) de Galileu: todos os corpos caem, em queda livre, com a mesma aceleração.

1687 — Newton formula a teoria matemática da Mecânica, incluindo: Princípio de Inércia, Princípio de Relatividade da Mecânica (Galileu — Newton), Lei da Gravitação Universal

$$\left(F = \frac{GM_1 M_2}{r^2} \right)$$

1730 — Bradley e Roemer provam que a velocidade da luz é finita e medem seu valor (c).

1798 — Laplace sugere que a força da gravidade também atua sobre a luz e propõe a existência de "estrelas negras" para as quais a "velocidade de escape" ultrapassaria a da luz.

1864 — Teoria Eletromagnética de Maxwell — natureza eletromagnética da luz.

1886 — Michelson e Morley — a velocidade da luz independe do movimento da fonte e do observador.

1905 — Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Princípio da Relatividade da Física. Invariância do "intervalo de universo":

$$ds^2 = -c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = -c^2 dt^2 - dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

para observadores inerciais (não acelerados).

1915 — Teoria da Relatividade Geral ou da Gravitação, de Einstein. Princípio de equivalência de Einstein (entre gravitação e aceleração): como num sistema acelerado se obtém, para o intervalo de universo:

$$ds^2 = -c^2(1 + a_0)dt'^2 + (1 + a_{11})dx'^2 + (1 + a_{22})dy'^2 + (1 + a_{33})dz'^2 + a_{01}dx'dt' + a_{02}dy'dt' + a_{03}dz'dt' + a_{12}dx'dy' + a_{13}dx'dz' + a_{23}dy'dz' \quad (1)$$

a existência de um campo gravitacional implica em que os valores de a_{00} , a_{11} , a_{01} , ... sejam não nulos mesmo em sistema não acelerado.

1916 — Solução de Schwarzschild das equações de Einstein, descrevendo o campo gravitacional no exterior de um objeto esfericamente simétrico em repouso:

$$ds^2 = -A c^2 dt^2 + \frac{1}{A} dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

$$\text{com } A = 1 - R_s/r, R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

1926 — Fowler — natureza quântica eletrônica da força que equilibra a compressão

gravitacional nas estrelas anãs (que têm as dimensões da Terra e densidade cem mil vezes maior).

- 1930 — Chandrasekhar e Landau mostram que se a estrela anã fica com a massa 30% maior que a do Sol ela entra novamente em colapso.
- 1934 — Baade e Zwicky propõem a existência de estrelas de nêutrons em que o colapso é freiado por forças quânticas entre os nêutrons (dimensões de 10 a 100 Kms de raio). Só 34 anos mais tarde os pulsares foram descobertos por Hewish e identificados por Gold com as estrelas de nêutrons.
- 1939 — Previsão por Oppenheimer com sólida base científica, da formação de buracos negros por colapso de estrelas de massa maior que a do Sol.
- 1972 — Rhoads e Ruffini provam que, como consequência do Princípio de Causalidade uma estrela de nêutrons sem rotação não pode ter massa superior a 3,3 vezes a do Sol (4,5 se em rotação).
- 1973 — Descoberta (?) do primeiro buraco negro em Cignus X-1 (34 anos após a previsão de Oppenheimer).

II — PROPRIEDADES DOS BURACOS NEGROS ISOLADOS

1 — Horizonte, superfície sem retorno ou boca do Buraco Negro é a superfície esférica

$$r = R_s = \frac{2GM}{c^2} \text{ dada pela equação (2) no caso}$$

de B.N. de Schwarzschild. Por coincidência, esse era exatamente o raio da "estrela negra" de Laplace. Qualquer objeto com massa ou sem massa (luz) leva um tempo infinito para atravessar o horizonte. Portanto nada sai do B.N.

2 — Superfície de desvio infinito para o vermelho. A luz emitida por um corpo em repouso a distância r do B.N. tem o período

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{R_s}{r}}} \text{ sendo } T_0 \text{ o período emitido}$$

fora do campo de gravitação. Para $r \rightarrow R_s$, $T \rightarrow \infty$ isto é a luz não vibra e, portanto não se propaga.

3 — Massa (M) e carga (Q) do B.N.

Um tipo possível de B.N. ainda esfericamente simétrico é o que tem externamente um campo eletrostático coulombiano e um campo

gravitacional do tipo descoberto por Reissner e Nordström (1916). Este é o dado pela equação

$$(2) \text{ com } A = \frac{-2GM}{rc^2} + \frac{GQ^2}{r^2c^4} + 1$$

4 — Momento angular ($\vec{J}$) e momento magnético ($\vec{\mu}$)

Em 1963, Kerr descobriu nova solução das equações de Einstein que descrevem um B.N. com M e $\vec{J} = M\vec{a}$ (proveniente de rotação). Newman generalizou para incluir a carga Q e obteve automaticamente um momento magnético $\vec{\mu} = Q\vec{a}$. A solução de Kerr-Newman (K-N) que tem como caso particular todas as outras é dada, fora do horizonte por:

$$ds^2 = \tilde{A} d\tilde{t}^2 + \frac{d\tilde{r}^2}{\tilde{A}} + \rho^2 d\Theta^2 + \tilde{r}_0^2 \quad (3)$$

$$\text{com } \tilde{A} = \frac{1 - 2GM\tilde{r}}{r^2 + a^2} + \frac{GQ^2}{r^2 + a^2} \quad (c = 1),$$

$$\rho^2 = r^2 + a^2 \cos^2\Theta, \quad \tilde{r}' = \frac{\rho}{r} dr,$$

$$\tilde{dt} = \frac{dt - v dr_\phi}{\sqrt{1 - v^2}}, \quad \tilde{dr}_\phi = \frac{dr_0 - v dt}{\sqrt{1 - v^2}}, \quad dr_\phi =$$

$$d\phi \sin\Theta \sqrt{r^2 + a^2},$$

$$\text{onde } v = a \sin\Theta / \sqrt{r^2 + a^2}$$

$$\text{O horizonte ocorre para } \tilde{A} = 0 \text{ ou } r_H = GM + \sqrt{G^2M^2 - GQ^2 - a^2}$$

Por outro lado se verifica que a superfície des-

$$\text{crita por } r = GM + \sqrt{G^2M^2 - GQ^2 - a^2 \cos^2\Theta}$$

que inclui o horizonte em seu interior separa uma região externa em que um corpo pode parar a uma região interna em que nem os foguetes mais potentes podem freiar o movimento e fazer o corpo parar. Essa é a superfície de desvio infinito para o vermelho (da luz emitida por um corpo em repouso). Verifica-se que esse B.N. possui um momento angular $\vec{J} = M\vec{a}$. O campo elétrico é do tipo coulombiano, porém deformado (Carga Q e multipolos elétricos). Além disso, existe ($r > r_H$) um campo magnético do tipo do de um ímã porém deformado (momento magnético $\vec{\mu} = Q\vec{a}$ e multipolos magnéticos).

5 — O B.N. não tem cabelos (Wheeler) — Price provou que num colapso quase esférico todas as deformações e irregularidades locais da superfície tendem a desaparecer quando o raio tende para r_g . Do mesmo modo se uma carga, dipolo ou multipolo elétrico ou magnético está muito próximo (ou no interior) do B.N. seu efeito externo é nulo ou igual ao de uma carga no centro (Wald). Uma exceção parece ser a de um B.N. de K-N que tem um campo magnético. Cohen, Tiomno e Wald provaram, porém, que as linhas de força se originam fora do B.N. e não vêm da superfície (não é cabelo, mas cabeleira).

Da mesma forma explicaram a origem da relação $\vec{\mu} = \frac{Q}{Mc} \vec{J}$, análoga à que ocorre com o electrón e o próton.

6 — Energia do buraco negro — Christodoulou e Ruffini mostraram que a energia total de um B.N. de K.N. é dada por:

$$M = \sqrt{\left(M_{ir} + \frac{Q^2}{4M_{ir}}\right)^2 + \frac{J^2}{4M_{ir}^2}} \quad (c = 1)$$

onde M_{ir} é uma massa ($M_{ir} \leq M$). Penrose havia mostrado que é possível extrair energia de um B.N. atingindo-o com um corpo (eventualmente carregado) que se fragmenta em duas partes. Em condições especiais o fragmento que sai pode transportar maior energia (incluindo a massa) que o inicial. Isso decorre do fato de que próximo do B.N. um corpo pode ter energia total negativa (incluindo a massa). Assim, ao cair energia negativa no B.N., sua massa diminui. Portanto, retira-se energia do B.N. sem penetrar em seu interior. Em outros termos: o excesso de energia ($M - M_{ir}$) está no campo externo e não no seu interior e pode ser extraído sem atravessar o horizonte. A região em que isso pode ocorrer é a "ergosfera".

III — O BURACO NEGRO NÃO É NEGRO

1 — Radiações externas — Quando não isolado o B.N. pode se tornar "visível", e até perder energia para o exterior. Assim matéria próxima é fortemente atraída e comprimida tornando-se muito quente e emitindo radiação, principalmente raios X (Zeldovich). Ou então, injetando-se matéria de um modo cuidadosamente escolhido, pode-se reduzir a energia total do B.N. e, portanto, extrair energia pelo processo de Penrose.

Além disso, o movimento de matéria ou plasma eletrizado nas proximidades do B.N. pode produzir radiação eletromagnética e ondas gravitacionais (previstas pela teoria de Einstein). Todas essas formas de radiação podem ser detectadas, e por elas podem os B.N. serem localizados ou vistos. Daí o interesse teórico e experimental nessas radiações. Em particular, a astronomia de raios X já levou à descoberta de, pelo menos, um B.N. (em Cygnus X-1).

2 — Entropia, temperatura e radiações internas do B.N.

Hawking mostrou que a área do buraco negro ($S = 4\pi(r_H^2 + a^2)$) nunca pode di-

minuir: ou permanece constante (transformações reversíveis) ou aumenta (transformações irreversíveis). Após sugestão de Beckenstein, de que por essa propriedade a área S deveria ser identificada com a entropia, Hawking examinou as consequências dessa identificação, bem como a da massa do B.N. com o inverso da temperatura (se $Q = J = 0$). Para que essa identificação se tornasse consistente era necessário que o B.N. irradiasse como se fosse um corpo negro, isto é, que energia escapasse de *seu interior* (o buraco negro não é negro). Isso não é possível para efeitos clássicos mas o é para efeitos quânticos num B.N. formado a um tempo finito (mesmo que no início do Universo). Assim, do mesmo modo que na desintegração α essas partículas escapam do núcleo atômico vencendo a barreira de forças que se opõem a isso, pelo efeito quântico de "tunelamento", radiações de todos os tipos escapam (por tunelamento) do B.N. Esse efeito é, porém, desprezível para buracos negros de massa estelar. Se, porém, existirem buracos negros (primordiais) de massa 10^{-18} vezes menor (10^{15} gr.) sua evaporação seria intensa e observável.

Concluindo, observamos que não é de estranhar a existência de importantes efeitos quânticos (usualmente microscópicos) em fenômenos de escala astronômica. A massa crítica M_c das estrelas anãs e das estrelas de nêutrons cuja estabilidade é assegurada por efeito quântico (princípio de Pauli) é da ordem de

$$M_c = \frac{1}{M_p^2} \sqrt{\frac{\hbar^3 c^3}{G^3}}$$

(M_p = massa do próton e $\hbar$ = constante de Planck ou quantum de ação).

O fato de que $M_c = \frac{3}{2}$ da massa do Sol e

que as estrelas normais, mesmo as gigantes, têm massas que não diferem por fator maior que 50 desse valor é consequência da importância da pressão de radiação (quântica) para assegurar a estabilidade dessas estrelas.

Buracos negros e evolução estelar

ZULEMA ABRAHAM, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

I. INTRODUÇÃO

Os buracos negros, juntamente com as estrelas de nêutrons e as anãs brancas representam o estado final na vida das estrelas.

A evolução das estrelas é caracterizada por uma sequência sucessiva de contrações gravitacionais do núcleo seguidas por períodos quasi-estáticos nos quais a energia gerada pelas reações nucleares consegue deter o colapso. De acordo com o teorema do virial uma parte da energia gravitacional liberada durante a contração transforma-se em energia interna, o resto contribui para a luminosidade irradiada pela superfície da estrela.

Se o gás do núcleo não for degenerado, o aumento na energia interna resultará num aumento da temperatura, que continua até o início das reações nucleares. Quando os elétrons do gás se tornam degenerados a dependência da pressão com a temperatura é muito fraca. O peso da estrela é suportado pela pressão dos elétrons. A energia liberada na contração aumenta a temperatura do gás, mas a condução de calor pelos elétrons degenerados e a perda de energia em forma de neutrinos são muito grandes e pode acontecer que a temperatura não chegue a alcançar o valor necessário para iniciar a série seguinte de reações nucleares. A estrela transforma-se numa anã branca que se vai esfriando lentamente.

Se, pelo contrário, a evolução da estrela continua até chegar a possuir um núcleo de nêutrons degenerados é possível que a pressão por eles exercida compense as forças de atração gravitacional e a estrela termine sua vida como uma estrela de nêutrons.

Em caso contrário, a contração continua até que o raio da estrela se torna menor que o raio de Schwartzchild e se forma um buraco negro.

Qual será o resultado da evolução de uma dada estrela não binária vai depender de sua massa e momento angular iniciais e da perda de

massa durante sua evolução, seja em forma suave na etapa de gigante vermelha e supergigante ou violentamente na explosão de uma supernova.

II. MASSAS DOS BURACOS NEGROS

O limite superior para a massa dos buracos negros de origem estelar está dado pela massa das estrelas mais massivas da sequência principal. Schwartzchild e Härm (1959) acharam que estrelas homogêneas mais massivas que $60 M_{\odot}$ são instáveis com respeito à pulsação (Ledoux 1941). Cálculos de Appenzeller (1970), Zierbarth (1970), Talbot (1971) e Taylor e Papaloizou (1973) mostram que a energia da pulsação é convertida em ondas de choque que expulsam matéria da superfície da estrela. Isto produz um amortecimento da pulsação e estabiliza a estrela. A perda de massa seria da ordem de $10^{-5} M_{\odot}$ /anos. Como para estrelas massivas o tempo de evolução é curto, uma pequena fração da massa seria perdida antes da estrela ser estabilizada pela evolução. Entretanto, não são observadas estrelas mais massivas que $100 M_{\odot}$, provavelmente devido a problemas de formação, já que o núcleo da estrela, que é o primeiro a formar-se, produziria uma região H II que pararia o colapso do resto da nuvem de gás (Larson e Starrfield 1971).

É muito difícil estabelecer a existência de um limite para a massa de um buraco negro. O máximo que podemos dizer é que, quando uma estrela isolada começa sua vida na sequência principal com uma massa menor que os limites máximos para as massas das anãs brancas e das estrelas de nêutrons, não vai terminar sua vida como um buraco negro. Estes limites serão discutidos na seção V.

III. EVOLUÇÃO DAS ESTRELAS ATÉ A FORMAÇÃO DE UM NÚCLEO DE ^{56}Fe

A série de transformações nucleares que ocorrem entre sucessivas contrações do núcleo da estrela são (Clayton 1968):

a) Transformação de ^1H em ^4He através das reações da cadeia p-p ou do ciclo CNO, a temperaturas da ordem de 2×10^7 K.

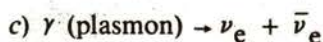
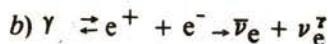
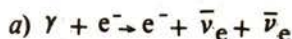
b) Transformação de ^4He em ^{12}C e ^{16}O . Estas reações ocorrem a temperaturas superiores a 10^8 K.

c) Reações entre átomos de ^{12}C . Depois de várias reações secundárias o resultado da combustão de ^{12}C é ^{16}O , ^{20}Ne , ^{23}Na , ^{24}Mg e ^{28}Si . O limite inferior de temperatura é 7×10^8 K aproximadamente.

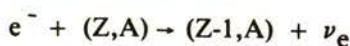
d) A temperaturas da ordem de 10^9 K ocorrem as reações entre átomos de ^{16}O e a fotodesintegração do ^{20}Ne . O resultado é a formação de ^{28}Si .

e) A fotodesintegração de parte do ^{28}Si seguida por subseqüentes capturas de elementos leves por ^{28}Si e outros núcleos mais pesados leva à formação de ^{56}Fe .

A temperaturas superiores à correspondente à combustão do ^{12}C começam a ser importantes as perdas de energia por emissão de neutrinos. Os processos mais prováveis são os seguintes:



d) URCA e fotobeta



A existência destes processos não é certa já que nunca foram observados no laboratório.

A evolução das estrelas, qualquer que seja sua massa, pode-se seguir a partir da seqüência principal até que seu núcleo se torna degenerado. Nessas circunstâncias, as reações nucleares posteriores produzem-se em forma explosiva, já que toda a energia nuclear se transforma em energia térmica sem produzir expansão. A velocidade de reação aumenta, e este processo continua até que a temperatura é suficientemente alta para levantar a degenerescência dos elétrons. Os tempos envolvidos são da ordem dos segundos sendo muito difícil de seguir numericamente.

A evolução de estrelas com núcleos inertes e degenerados também é difícil de calcular nas etapas avançadas da evolução porque as reações nucleares ocorrem em forma explosiva nas camadas que rodeiam o núcleo, dando

origem a instabilidades dinâmicas com a possível expulsão das camadas exteriores da estrela, possivelmente originando nebulosas planetárias (Rose e Smith, 1972).

Porém, nestas etapas avançadas da evolução, a emissão de neutrinos produz a perda total da energia gerada pelas reações nucleares no núcleo da estrela, que fica completamente desacoplado do envelope onde ^4He e ^1H são transformados em ^{12}C e ^4He respectivamente (Endal 1976). Isto justifica o estudo da evolução de estrelas homogêneas formadas por misturas de ^{12}C e ^{16}O ou de ^{56}Fe . Elas representariam núcleos de estrelas ou estrelas que já perderam seu envelope.

Rakavy, Shaviv e Zinamon (1976) estudaram a evolução de estrelas formadas por uma mistura de ^{12}C e ^{16}O durante a combustão de C, O e Si. Acharam que estrelas com $M < 1.44 M_\odot$ (limite de Chandrasekhar) não queimam O, no entanto aquelas com $M < 1 M_\odot$ não chegam a queimar C. Todas elas terminam sua vida como anãs brancas.

Como veremos a seguir, as estrelas com $M > 2 M_\odot$ chegam a sofrer uma instabilidade dinâmica. Para estrelas com $M > 25 M_\odot$ esta é produzida pela perda de energia devida à criação de pares e para $M < 25 M_\odot$ pela desintegração α do ^{56}Fe .

IV. INSTABILIDADE DINÂMICA DAS ESTRELAS DE Fe. MODELOS DE SUPERNOVAS

A perda de energia por emissão de neutrinos no núcleo das estrelas de Fe produz uma instabilidade dinâmica (a perda de energia é muito mais rápida que a geração de energia gravitacional por colapso). Este processo poderia ser a origem da explosão das supernovas. Colgate and White (1966) acharam que a contração do núcleo é contida quando a pressão do gás de nêutrons degenerados compensa as forças de atração gravitacional a densidades da ordem de $5 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$. As camadas superiores da estrela caem sobre o núcleo e produzem uma onda de choque. O calor gerado é emitido em forma de neutrinos os quais devido às altas temperaturas e densidades são reabsorvidos pelas camadas superiores que dessa maneira adquirem a energia de escape e são ejetadas.

Wilson (1971) fez um estudo cuidadoso do colapso de estrelas com massas compreendidas entre 1,25 e $10 M_\odot$, usando as equações da

relatividade geral de Einstein nos cálculos hidrodinâmicos, achando que somente a estrela de $1,25 M_{\odot}$ consegue ejetar seu envelope. Quando um envelope de $5 M_{\odot}$ foi colocado em torno de um núcleo de $2 M_{\odot}$, foi ejetado mas com energias várias ordens de magnitude menores que as observadas em supernovas. Além do mais, para explicar a origem dos elementos pesados é necessária a expulsão de parte do núcleo que contém esses elementos.

Schramm e Arnet (1975) acreditam que as discrepâncias entre as duas séries de modelos é devida a diferenças nas opacidades de neutrinos utilizadas. Recalculam essas opacidades utilizando recentes teorias das interações fracas (Weinberg 1967, Freedman 1974). Também propõem um modelo no qual a ejeção das camadas superiores da estrela é devida à pressão dos neutrinos e não à energia depositada por eles, mas não apresentam resultados quantitativos.

V. ESTRELAS DE NÊUTRONS

O limite superior para a massa de uma estrela de nêutrons depende da equação de estado e da teoria da gravitação utilizada.

A incerteza maior na equação de estado ocorre na região de densidade superior à nuclear, onde as forças de interação entre bárions e híperons não são bem conhecidas. Malone, Johnson e Bethe (1975) usaram uma equação de estado realista e a teoria da relatividade geral de Einstein e determinaram um limite superior de $2 M_{\odot}$ para a massa das estrelas de nêutrons. A aplicação de outras teorias da gravitação em aproximações pós-newtonianas (Wagner e Malone 1974) eleva este limite em um fator 2 ou 3, mas para massas grandes a densidade central é grande demais e a aproximação pós-newtoniana deixa de ser válida.

Finalmente, usando a teoria da gravitação proposta por Rosen (1973), Rosen e Rosen (1975) acharam que a massa limite para uma estrela de nêutrons fica aumentada por um fator 5,6 da massa calculada usando a teoria de Einstein. A teoria de Rosen por sua parte também não admite a existência de buracos negros.

VI. PERDA DE MASSA POR ESTRELAS GIGANTES

Schramm e Arnett (1975) acreditam que estrelas que começaram sua vida com $M < 7 M_{\odot}$ não podem possuir um núcleo de Fe, já que não conseguem queimar C em núcleos não dege-

nerados. Imaginam que essas estrelas perdem massa em forma suave e terminam sua vida como anãs brancas. Citam como evidência a existência de uma anã branca no cúmulo das Plêiades, o qual ainda tem estrelas de $6 M_{\odot}$ saindo da seqüência principal.

Fusi-Pecchi e Renzini (1976) estudaram a perda de massa por estrelas com massas menores que $8 M_{\odot}$ usando uma teoria dos ventos estelares que concorda com observações da perda de massa em supergigantes feitas por Reimers (1975). Os resultados deste estudo indicam que a massa crítica na seqüência principal para a formação de anãs brancas é $M_{crit} = 4 M_{\odot}$, em desacordo com a existência de uma anã branca nas Plêiades. Para estrelas com $M > 8 M_{\odot}$, Fusi-Pecchi e Renzini (1975) acham que a massa do envelope rico em hidrogênio tem um máximo em torno de $30 M_{\odot}$ e desaparece completamente para $M \approx 40 M_{\odot}$.

VII. CONCLUSÕES

O estado atual da teoria de evolução estelar não permite prever a formação de buracos negros através de processos de implosão, já que existem muitas incertezas nos parâmetros físicos usados, como opacidades de neutrinos e equação de estado da matéria a densidades superiores às nucleares, além de não existir modelos iniciais realistas para os envelopes das estrelas de Fe. Os distintos modelos apresentados não permitem decidir se existe ejeção de matéria, menos ainda qual seria a massa do objeto colapsante.

Neste momento pareceria que o mais promissor para determinar a existência de buracos negros é a observação de objetos compactos com massa superior à massa das estrelas de nêutrons. Se bem que modelos de estrelas de nêutrons feitos com equações de estado realistas dêem um limite superior para estes objetos de $2 M_{\odot}$, teorias da gravitação diferentes da teoria de Einstein mais consistentes com as observações predizem massas muito maiores.

REFERÊNCIAS

- Appenzeller, I., 1970. *Astron. Ap.*, 5:355.
 Clayton, D.D., 1968. *Principles of stellar evolution and nucleo-synthesis*, Ed. Mc.Graw-Hill Books Co.
 Colgate, S.A., and White, R.H., 1966. *Ap.J.*, 143: 626.
 Endal, A.S., 1975. *Ap.J.*, 197: 405.
 Freedman, D.Z., 1974. *Phys. Rev. D*, 9: 1389.

- Fusi-Pecchi, F., and Renzini, A., 1975. *Mem. Soc. Roy. Sci. Liège 6th. series*, 6: 383.
- Fusi-Pecchi, F., and Renzini, A., 1976. *Astron. Ap.*, 46: 447.
- Larson, R.B., and Starrfield, S., 1971. *Astron. Ap.*, 13: 190.
- Ledoux, P., 1941. *Ap. J.*, 94: 537.
- Malone, R.C., Johnson, M.B., and Bethe, H.A., 1975. *Ap. J.*, 199: 741.
- Rokavy, G., Shaviv, G., and Zinamon, Z., 1967. *Ap. J.*, 150: 131.
- Reimers, D., 1975. *Mem. Soc. Roy. Sci. Liège 6th. series*, 6: 369.
- Rosen, N., 1973. *Gen. Rel. and Grav.*, 4: 435.
- Rosen, J., and Rosen, N., 1975. *Ap. J.*, 202: 782.
- Schramm, D. N. and Arnett, W. D., 1975. *Ap. J.*, 198: 629.
- Schwarzschild, M., and Härm, R., 1959. *Ap. J.*, 129: 637.
- Smith, R.L., and Rose, W.K., 1972. *Ap. J.*, 176: 395.
- Talbot, R.J., 1971. *Ap. J.*, 165: 121.
- Taylor, R., and Papaloizou, J., 1973. *Proc. IAU Symp. N.º 59*, ed. P. Ledoux.
- Wagoner, R. V., and Malone, R. C., 1974. *Ap. J.*, 189: L75.
- Weinberg, S., 1967. *Phys. Rev. letters*, 19: 1264.
- Wilson, J.R., 1971. *Ap. J.*, 163: 209.
- Zierbarth, K., 1970. *Ap. J.*, 162: 947.

Cygnus X-1 como buraco negro

J.E. STEINER, Departamento de Astronomia, Universidade de São Paulo, F.A.P.E.S.P.

1 — INTRODUÇÃO

No estudo das fontes galácticas de raios X, Cygnus X-1 tem ocupado uma posição central. Isso porque é o objeto mais freqüentemente considerado como candidato a buraco negro.

Essa suspeita se baseia nos seguintes fatos:

- 1) A fonte de raios X é a secundária da estrela HD 226868.
- 2) A fonte de raios X está associada a um objeto compacto.
- 3) O objeto compacto possui u'a massa maior que três massas solares.
- 4) O modelo de disco turbulento em torno de um buraco negro de onze massas solares, explica o espectro de raios X.

Pode-se mostrar que os itens 2 e 3 acima, são condições suficientes para que Cygnus X-1 seja um buraco negro (Pacheco — neste simpósio).

Neste trabalho examinamos em detalhe cada um dos itens acima relacionados.

2 — OBSERVAÇÕES ÓTICAS

Cyg X-1 foi uma das primeiras fontes de raios X detectadas, no início da década de 60. Em 1966 verificou-se que a emissão X era variável. Devido à imprecisão na posição da fonte (as medidas eram feitas com balões e foguetes), não se pôde identificá-la com nenhum objeto ótico ou rádio.

Só houve progresso neste sentido com o lançamento do satélite artificial UHURU, a 20 de dezembro de 1970. Na fig. 1 vê-se a posição e a "caixa" de erro da fonte tomadas com o UHURU.

Com base nestas medidas, Wade e Hjellming (1971) e Braes e Miley (1971) detectaram uma fonte rádio muito fraca que coincidia com a posição da fonte de raios X e com duas estrelas: a mais intensa, HDE 226868, de magnitude 8.87 e a outra, muito fraca, de magnitude 15.

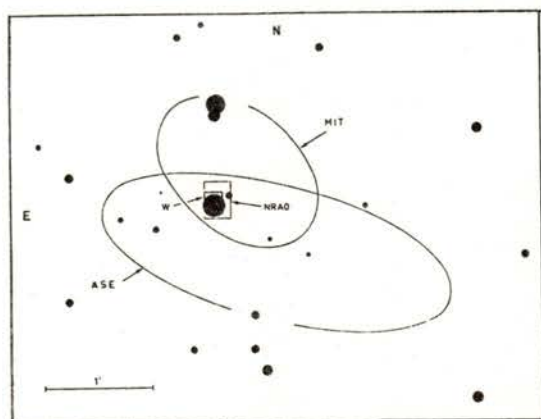


Fig. 1 "Caixas de erro" de Cyg X-1 (elipsoidais) e da fonte rádio (retangulares).

A estrela HDE 226868 é uma binária espectroscópica simples com período de 5.5998 dias. Os parâmetros observacionais estão resumidos na tabela 1.

Foi sugerido, imediatamente, que a fonte X estivesse associada à estrela HDE 226868 (Webster e Murdin — 1972; Bolton 1972b). A curva de luz de HDE 226868 é mostrada na fig. 2.

Observa-se que tem a forma de dupla onda, característica de sistemas binários cerrados com uma componente sublumina. A variação de magnitude entre a fase 0.0 e 0.25 é $\Delta m \approx 0.07$.

Na fig. 3 vê-se a curva de velocidade radial. Esta curva é de grande importância porque permite a determinação do período, da amplitude da velocidade radial, da excentricidade da órbita e, por conseguinte, da função de massa que é imprescindível para a determinação dos parâmetros do sistema.

Além das linhas de absorção, foram observadas algumas linhas em emissão. A primeira linha em emissão descoberta foi a linha HeII λ 4686 (Hutchings, 1973; Brucato e Kristian, 1973; Bolton, 1972b, Bolton 1975) que chega a velocidades radiais de até 140 km/s. A

TABELA 1 — Propriedades observacionais de HDE 226868

Posição	$\alpha_{1950} = 19^h 56^m 28.88s$ $\delta_{1950} = +35^{\circ} 03' 54.9''$
Tipo espectral	B0Ib
Magnitude visual aparente	$m_v = 8.87$
Índices de cor	$U-B = -0.30$ $B-V = +0.81$
Período espectroscópico	$P = 5.5998 \text{ dias}$
Fase zero	$\Phi = \text{JD } 2441219.472$
Função de massa	$f = 0.22 M_{\odot}$
Magnitude visual absoluta	$M_v = -6.64$
Distância	$d = 2.5 \text{ kpc}$
Amplitude de velocidade radial	$K = 66 \text{ km/s}$

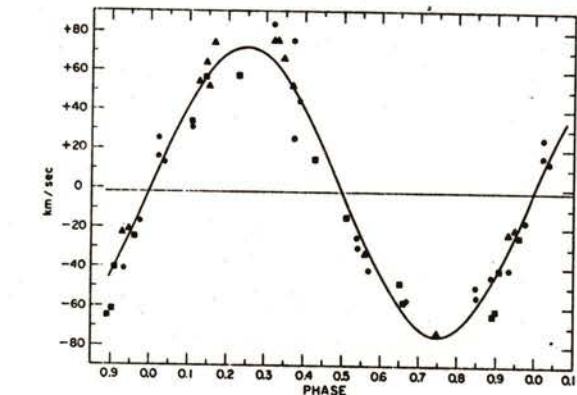
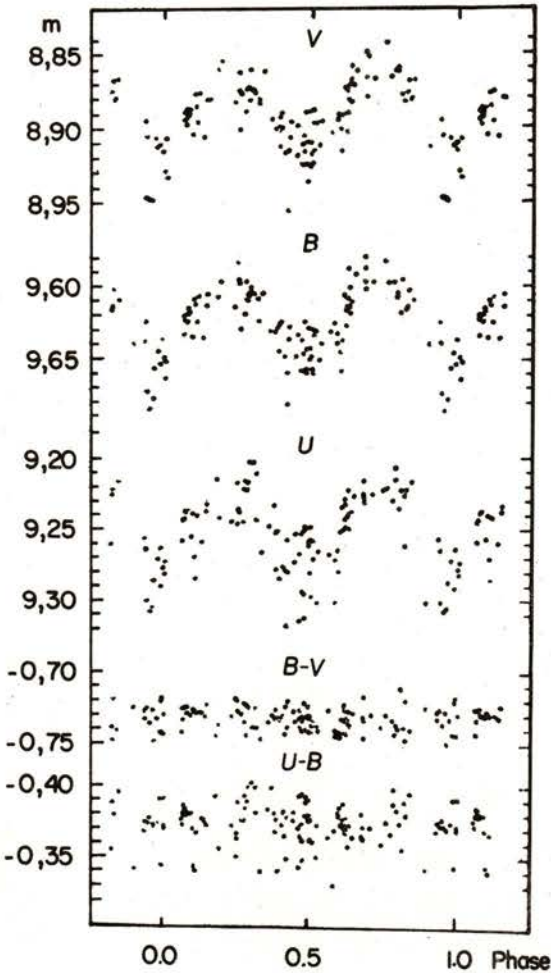


Fig. 3 . Curva de velocidades radiais das linhas em absorção.

curva de velocidade radial obtida com linhas em emissão está defasada da curva obtida com linhas de absorção em 120° (fig. 4). Observações semelhantes foram feitas em $H\beta$. A interpretação destas observações é que as linhas de emissão devem ser emitidas por uma corrente de gás caindo sobre a estrela colapsada e emitindo raios X (fig. 5).

Entre a fase 0 e 0.5 a emissão do He II fica muito fraca ou desaparece (Brucato e Kristian, 1973), o que indica que as linhas são absorvidas pela própria corrente de gás.

◁ Fig. 2 . Curva de luz de HD 226868.

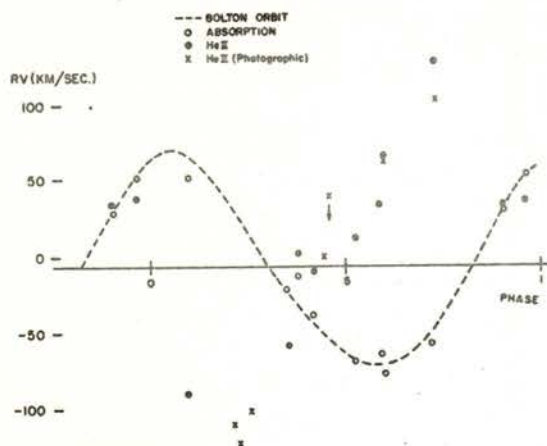


Fig. 4. Curva de velocidades radiais da linha em emissão He II $\lambda 4686$.

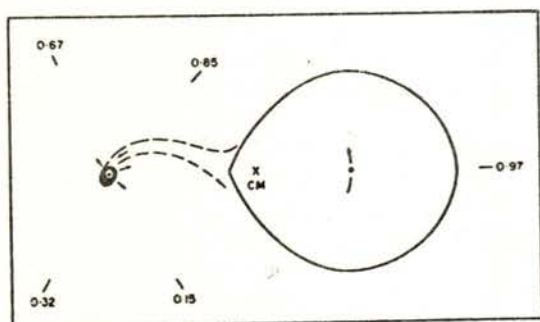


Fig. 5. Esquema do sistema Cyg X-1 - HD226868.

A linha H_{α} também aparece em emissão (Brucato e Zappala, 1974; Hutchings *et al.*, 1974). Ela aparece, às vezes, com avermelhamento e, às vezes, com avermelhamento e azulamento simultaneamente. O azulamento só aparece entre as fases 0.2 e 0.6 sendo que, às vezes, muito fracamente entre 0.0 e 0.2.

Brucato e Zappala interpretam a emissão como provindo da estrela supergigante. Hutchings *et al.*, entretanto, mostram que há uma explicação mais plausível. Segundo estes autores, se o ângulo de inclinação da órbita for aproximadamente 20° , deve haver velocidade de até 1500 km/s (fig. 6). A emissão H_{α} é interpretada como vindo de um disco em torno da estrela secundária. Admitindo essa hipótese, a componente secundária deve ser uma estrela compacta. Segundo cálculos feitos por Hutchings (1974), a emissão deve vir de uma região com densidade de 10^{14} partículas/cm³ a uma distância de 5×10^{10} cm do centro do objeto compacto. Estes números implicam em que o objeto compacto deve ter massa da ordem de $10 M_{\odot}$.

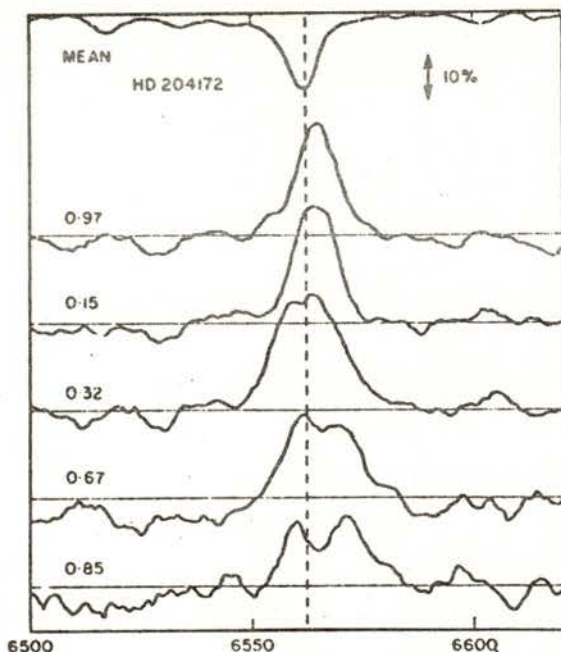


Fig. 6. Perfil da linha H_{α} . Em cima HD 204172. Em baixo, HD 226868 em diferentes fases.

Em junho e julho de 1975, foram observadas uma série de quatro oscilações periódicas de 83,5 ms. (fig. 7). Estas oscilações tiveram duração da ordem de dez minutos e a amplitude da ordem de 3,5%. Estas foram as primeiras (e até o momento únicas) observações óticas da fonte X.

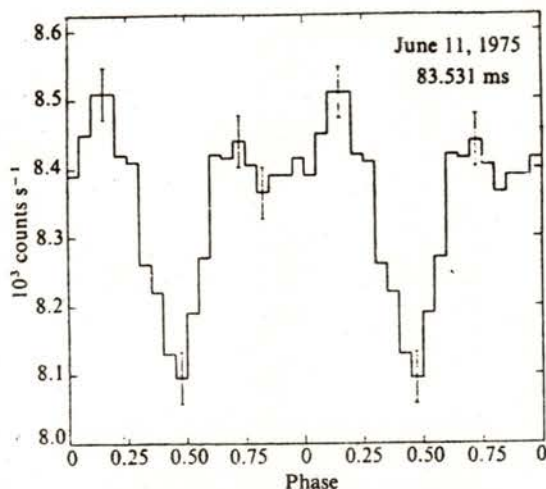


Fig. 7. Curva de luz da oscilação de 83 ms.

3 — OBSERVAÇÕES RÁDIO E X

Um dos aspectos mais peculiares de Cyg X-1 é a variabilidade na emissão X. Em 1966

Byran *et al.* e Grader *et al.* observaram variabilidade com escalas de tempo de meses. Em 1971, logo após o lançamento do satélite artificial UHURU, verificou-se que há variações sensíveis na intensidade X com escalas de tempo de décimos de segundo (Oda *et al.* 1971). Essa descoberta despertou grande interesse no meio astronômico e Cyg X-1 foi objeto de estudo de vários grupos que se dedicam a observações espaciais. Em 1974, Rothschild *et al.* estudaram Cyg X-1 com resolução temporal de 340 μ s e detectaram flutuações com escalas de tempo menores do que 1 ms (fig. 8).

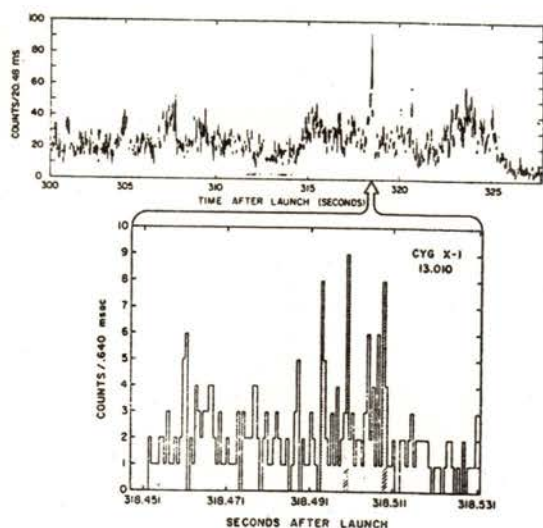


Fig. IV.8. Observação da emissão X com resolução de 340 μ s. As colunas hachuradas indicam intensidades > 12.

Em 1973, dois satélites artificiais, CO-PERNICUS e OSO-7 detectaram vários eventos de absorção de raios X "moles" (Mason *et al.*, 1974; Li e Clark, 1974). Um destes eventos pode ser visto na fig. 9. Estes eventos podem ser explicados como sendo absorções de raios X por colunas de aproximadamente 4×10^{22} átomos de hidrogênio por cm^2 . O mais notável, no entanto, é que todas essas "absorções" ocorrem na fase $\Phi = 0.00 \pm 0.05$. A interpretação disto é simples: Na fase zero a fonte de raios X é marginalmente ocultada pela estrela normal ou pela corrente de matéria entre as duas estrelas. Isso associa definitivamente os objetos HD 226868 e Cyg X-1.

A fonte rádio que se encontra próximo à estrela HD 226868 foi detectada pela primeira vez em meados de maio de 1971 (Hjellming e Wade — 1971). A 21 e 22 de março de 1971 os mesmos observadores não haviam conseguido medir nenhum fluxo de rádio. Por outro lado, ocorreu uma transição na emissão e nesta época (Tananbaun *et al.* 1972). O fluxo médio na faixa (2 - 6) Kev diminuiu de um fator 4 enquanto que o fluxo médio da faixa (6 - 10) kev não se alterou e o fluxo médio da faixa (10 - 20) kev aumentou de fator 2 (fig. 11). Na fig. 13 pode se observar a transição da emissão X e o aparecimento simultâneo da fonte rádio. Conclui-se que os objetos ótico, rádio e X devem estar associados.

4. A MASSA DO OBJETO COMPACTO

Baseado no espectro de HD 226868 foi sugerido que esta estrela deveria ter massa da

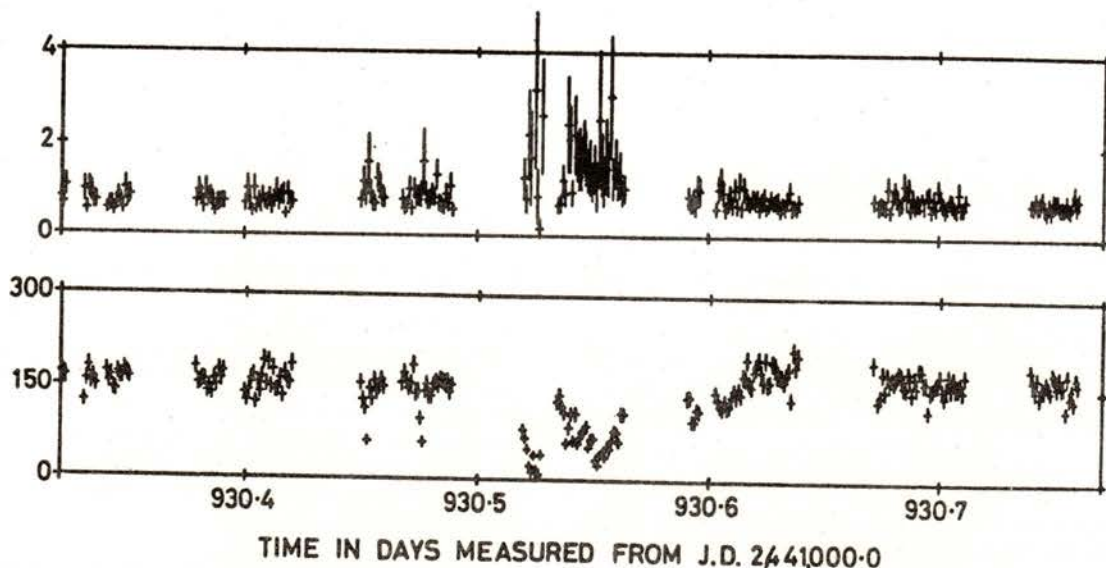


Fig. 9. Evento de absorção de raios X moles (em baixo).

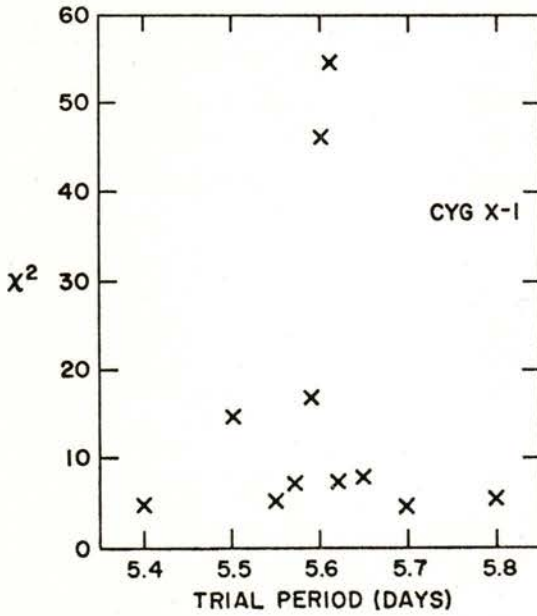


Fig. 10 . Periodograma das observações X.

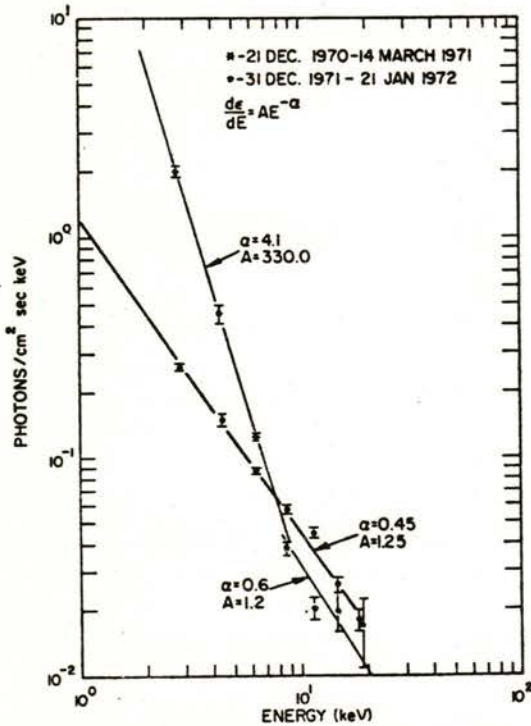


Fig. 11. Espectro de Cyg X-1 antes e depois da transição de 1971.

ordem de $30 M_{\odot}$ enquanto que a companheira deveria ter massa da ordem de $14 M_{\odot}$ (Bolton - 1972a, Webster e Murrin, 1972). Entretanto foi sugerido que uma estrela de He com massa $\leq 1 M_{\odot}$ poderia produzir o mesmo espectro (Trim-

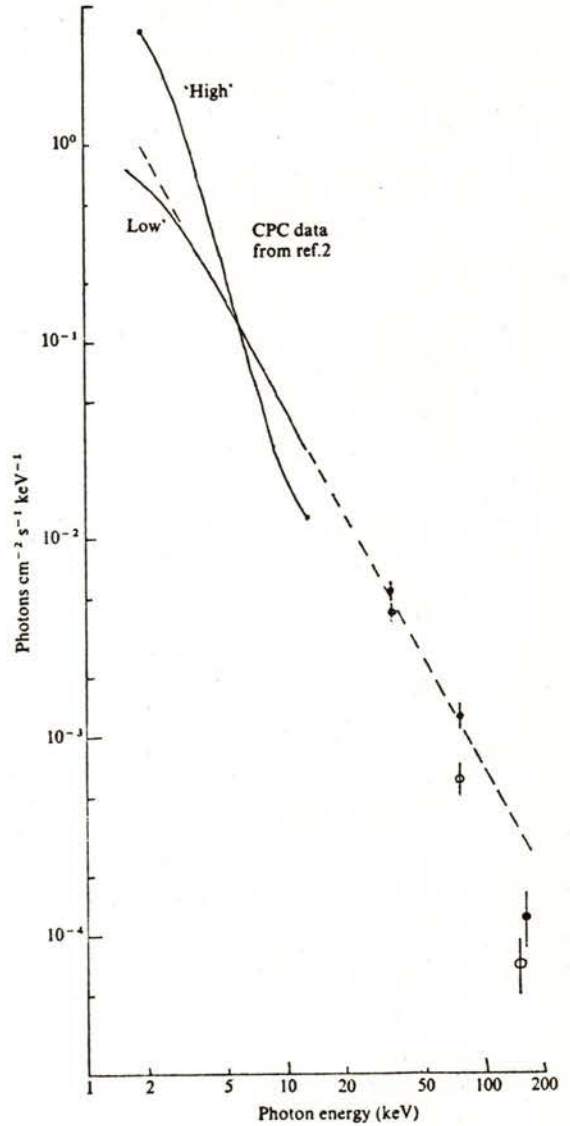


Fig. 12 . Espectro dos estados alto e baixo (transição de 1975).

ble *et al.*, 1973). Neste caso, porém, a estrela seria muito menor e a luminosidade deveria, também, ser muito menor. Para produzir a magnitude observada, a estrela deveria estar a distância muito menor do que se fosse uma supergigante. Por outra, sabendo-se a distância, seria perfeitamente possível saber se a estrela é uma supergigante ou um núcleo de He. Determinou-se, por essa razão, a extinção das estrelas próximas a Cyg X-1 (Bregman *et al.*, 1973; Margon *et al.*, 1973). Obteve-se o valor

$$(1) \quad A_V/d \simeq 1.3 \pm 0.2 \text{ mag/kpc}$$

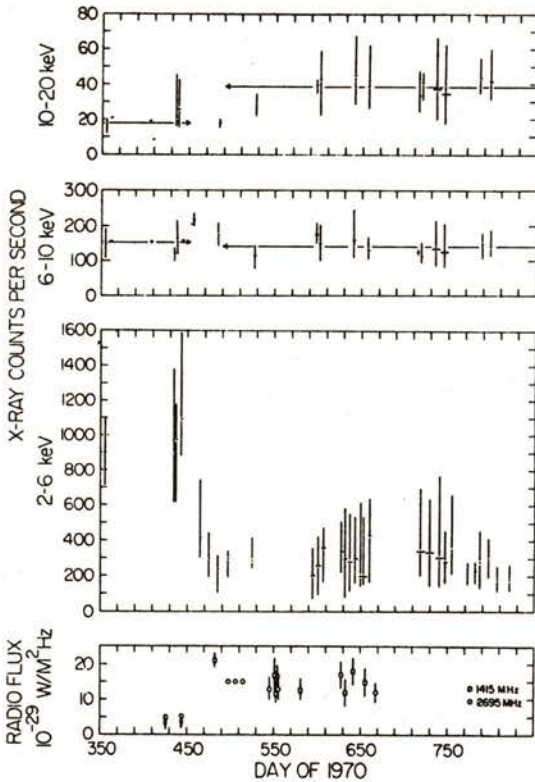


Fig. 13. Emissão X e rádio que mostram a transição de 1971.

Como a extinção medida de HD 226868 é $A_V = 3.3$ mag obtém-se uma distância de 2.5 ± 0.4 kpc. Com este valor para a distância, a magnitude absoluta da estrela é

$$M_V = -6.4$$

que corresponde a uma estrela do tipo espectral O9.7 Iab, supergigante com massa

$M \approx 30 M_\odot$ que é compatível com a massa sugerida por Bolton e contradiz a hipótese de Trimble *et al.* Além disso, assumindo a hipótese do núcleo de hélio, não se pode reproduzir a curva de luz nem para um ângulo $i = 90^\circ$ (Hutchings, 1974).

Para o sistema em questão a função de massa vale

$$(2) \quad f(M_X) \equiv \frac{M_X^3 \sin^3 i}{(M_X + M_S)^2} = 0.22 M_\odot$$

(Pacheco, 1975)

onde M_S é a massa da estrela primária, M_X da secundária e i , o ângulo de inclinação da órbita.

Admitindo-se que, segundo os dados espectrais indicam, a massa da primária seja $M_S \approx 30 M_\odot$ e que ela preencha o lobo de Roche, podemos calcular um valor mínimo para M_X . Como não ocorre eclipse da fonte X, podemos escrever

$$(3) \quad \cos i \geq \frac{R_1}{a}$$

onde R_1 é o raio da estrela primária e a , a separação das estrelas.

Se a primária preenche o lobo de Roche, temos a relação (Paczynski, 74)

$$(4) \quad \frac{R_1}{a} = 0.38 + 0.2 \log \frac{M_X}{M_S}$$

Temos, portanto, três equações e três incógnitas. A massa mínima para o objeto compacto é (Bolton, 1972a):

$$M_{X \text{ min}} = 7.4 M_\odot$$

No entanto, foi mostrado (Van den Heuvel e Ostriker, 1973) que, quando calculamos a massa a partir do tipo espectral, magnitude e distância, ela pode estar afetada de um erro de um fator 2, quando se trata de uma supergigante. Portanto, o método pelo qual acabamos de determinar a massa mínima não é muito bom, pois assumimos que a primária tenha $M \approx 30 M_\odot$, hipótese feita a partir da classificação espectral, magnitude e distância.

Outro método para o cálculo da massa mínima foi desenvolvido por Paczynski (1974): Além das equações acima, temos, das leis de Kepler

$$(5) \quad a_1 = \frac{K_1 P}{2\pi} = \frac{a M_X \sin i}{M_X + M_S} = 7.9 R_\odot$$

Da magnitude e temperatura observadas se obtém

$$(6) \quad \frac{R_1}{R_\odot} \approx 10 d, \text{ onde } d \text{ é a distância da fonte}$$

em kpc. A massa mínima é, por este método

$$M_{\text{min}} = 9.5 M_\odot$$

para $d = 2.5$ kpc

É razoável supor que devido à absorção de raios X moles que ocorrem sempre na fase zero, haja ocultação marginal. Neste caso a equação (5) fica

$$(7) \quad \cos i = \frac{R_1}{a}, \text{ e as massas ficam deter-}$$

minadas:

$$M_X = 9.5 M_\odot \text{ e } M_S = 42 M_\odot$$

Outro método foi desenvolvido por Pacheco (1975): Além das equações (2) e (4), temos que a variação de magnitude entre fases 0 e 0,25 é dado pela expressão

$$(8) \quad \Delta m_\lambda = 0.25 \log \frac{1}{1 - \frac{1}{2} N_\lambda Z \sin^2 i}$$

$$\text{onde } N_\lambda = (1 + Y_\lambda) \frac{15 + U_\lambda}{15 - 5U_\lambda}$$

U_λ e Y_λ são, respectivamente, os coeficientes de obscurecimento de bordo e de gravidade. Os melhores valores são

$$U = 0.6 \text{ e } Y = 1.$$

a função Z é definido por

$$(9) \quad Z \equiv 3 \frac{M_X}{M_S} \left(\frac{R_1}{a} \right)^3$$

onde R_1 é o raio médio da primária.

Se assumirmos que não há eclipse e que $17 M_\odot < M_S < 30 M_\odot$, podemos calcular a massa M_X :

Para $M_S = 18 M_\odot$ temos $M_X = 9.0 M_\odot$ e $i = 37^\circ$

Para $M_S = 28 M_\odot$ temos $M_X = 11 M_\odot$ e $i = 38^\circ$

Observa-se que mesmo que a massa da estrela primária seja consideravelmente menor do que $30 M_\odot$, a massa da componente colapsada e o ângulo de inclinação não variam muito. Observa-se, por outro lado, que os cálculos de Pacheco e Pacynski, que nos parecem os mais precisos na literatura, concordam muito bem.

Sodré (1975) reanalisando as observações, concluiu que a massa de Cyg X-1 deve ser $12 M_\odot$.

Trata-se, portanto, de um objeto com massa bem maior ao limite superior para as massas das estrelas de nêutrons.

A variabilidade X impõe um limite superior para a dimensão da região emissiva. Como ocorrem flutuações com escalas de tempo de até 1 ms, a dimensão máxima é

$$\ell = c \Delta t \sim 300 \text{ km}$$

Trata-se, portanto, de um objeto compacto. Se admitirmos que a região emissiva é um disco em torno de um buraco negro e que as escalas de tempo da variabilidade são da ordem do período orbital da última órbita estável, teremos

$$\tau \approx \frac{2 \pi r_*}{v_K(r_*)}$$

Para $11 M_\odot$, $\tau \approx 5 \text{ ms}$.

Por outro lado, a variabilidade de 83 ms também pode ser associada ao período orbital. Neste caso a região emissora deve estar a um raio $r = 3 r_*$.

Vimos, até o momento, que os 3 primeiros itens considerados na introdução estão comprovados. Vejamos, agora, como podemos explicar o espectro de raios X.

5 — O MODELO DE DISCO

As observações da linha em emissão He II λ 4686 mostram que há uma corrente de gás entre as duas componentes do sistema. Tudo indica que essa corrente de gás flua através do ponto interno de Lagrange. Deve-se admitir, portanto, que a estrela principal preencha o lobo de Roche. Dessa forma a energia emitida em radiação X tem origem na energia gravitacional da matéria capturada sobre a componente compacta. Admite-se, por outro lado, que todas as fontes binárias de raios X possuam esse mecanismo de captura, com exceção de 3U 1700 — 37 e, eventualmente, Cen X-3.

Como a matéria no ponto interno de Lagrange deve, normalmente, ter momento angular em relação ao centro de massa do sistema, a captura não pode ser radial em relação ao objeto colapsado. Há, por essa razão, a formação de um disco de matéria em torno des-

te objeto. Devido à viscosidade neste disco, há transporte de momento angular para fora, e a matéria do disco espirala em direção ao centro do objeto colapsado. Essa idéia é reforçada pelas observações em $H\alpha$ que indicam que essa emissão deve vir de uma região com velocidade de 1 500 km/s.

Os primeiros modelos de disco foram feitos por Lynden-Bell (1969), Pringle e Rees (1972) e por Shakura e Sunyaev (1973). Estes autores desprezaram a turbulência, admitindo que a pressão no disco seja a soma das pressões do gás e de radiação. Para descrever a transferência de momento angular, eles usaram um parâmetro livre, α . Estes modelos não conseguem descrever o espectro observado de Cyg X-1: o espectro calculado é do tipo bremsstrahlung com temperatura característica de 1 keV.

Esses modelos foram revistos por Novikov e Thorne (1973) que forneceram, também, as correções relativísticas para as equações. Essas correções podem, também, ser encontradas em Page e Thorne (1974).

Um segundo modelo foi proposto por Eardley, Lightman e Shapiro (1975). Eles admitiram que o disco seja formado por um plasma a duas temperaturas:

a temperatura iônica de 10^{11} °K e a
temperatura eletrônica de 10^9 °K

O espectro calculado dessa forma descreve razoavelmente o observado. Porém o modelo continua com uma das falhas dos anteriores: não consegue explicar o mecanismo de transferência de momento angular e também adota um parâmetro livre, α . Além do mais, parecemos que a hipótese das duas temperaturas diferentes para elétrons e prótons é uma hipótese "ad hoc" e que requer uma justificação mais quantitativa.

Todos esses modelos admitem um disco estacionário. Discos com evolução temporal foram estudados por Lynden-Bell e Pringle (1974) e por Lightman (1974).

Nosso modelo foi desenvolvido a partir de um modelo bastante elementar apresentado por Pacheco (1974). Após introduzir uma série de melhoramentos, logramos descrever os parâmetros observados de Cyg X-1 (Pacheco e Steiner, 1975a; Pacheco e Steiner, 1975b; Steiner, 1975).

Assumimos que a energia gravitacional seja transformada em energia turbulenta, ini-

cialmente sob forma de grandes turbilhões. Esses turbilhões dissipam rapidamente a energia transformando-se em turbilhões cada vez menores até que toda energia é transformada em energia interna do gás. A temperatura é, então, suficientemente elevada para emitir raios X. O propósito do modelo é calcular as condições físicas do plasma no disco e, a partir destas condições, calcular o espectro.

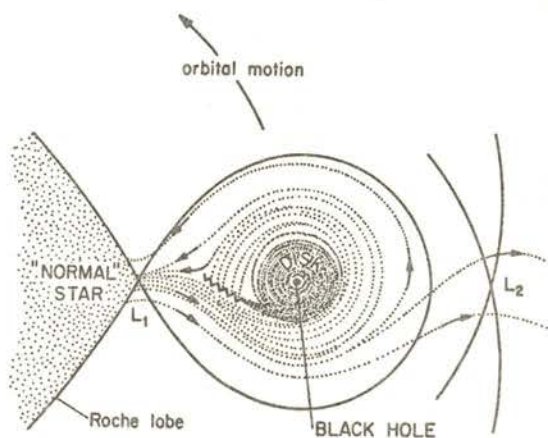


Fig. 14. Esquema do sistema HD 226868 — Cyg X-1.

Fizemos as seguintes hipóteses e aproximações:

- Desprezamos os campos magnéticos;
- Não consideramos as possíveis instabilidades dinâmicas na parte interna do disco;
- Usamos a mecânica newtoniana;
- Assumimos que o disco é homogêneo no eixo z (perpendicular ao plano do disco), e
- Assumimos que o disco seja estacionário.

As condições físicas do disco podem ser obtidas pela solução de um sistema de equações integro-diferenciais não lineares que descrevem a dinâmica do disco. Essas equações podem ser obtidas a partir das leis de conservação e mais algumas hipóteses sobre a dinâmica e estrutura do disco.

Equação da continuidade:

$$(10) \quad \rho = \frac{\dot{M}}{2\pi r H v_r}$$

onde $\dot{M}$ é a taxa de captura,
 r , a distância do ponto considerado

ao centro do objeto colapsado,

H , a escala de altura do disco,

ρ , a densidade e

v_r é a velocidade radial da matéria no ponto r .

Conservação da energia: Sendo q a energia dissipada por cm^3 , a energia dissipada por cm^2 do disco será

$$(11) \quad Q = qH$$

Por outro lado, essa energia deve ser radiada. Sendo πF o fluxo em cada face do disco, podemos escrever a conservação da energia da seguinte forma:

$$(12) \quad Q = 2\pi F$$

onde o fator 2 leva em consideração a emissão por ambas as faces do disco.

Conservação do momento angular:

$$(13) \quad Q = \frac{3GM\dot{M}}{4\pi r^3} \left[1 - \beta \sqrt{\frac{r_*}{r}} \right]$$

onde,

G é a constante de gravitação

M , é a massa do buraco negro

r_* , é o raio da última órbita estável do disco

β é a relação entre o momento angular específico na última órbita estável, e o momento angular nesta mesma órbita, se as órbitas fossem keplerianas.

A transferência da energia: A equação de transferência radiativa pode ser escrita

$$(14) \quad \mu \frac{dl_\nu}{d\tau_\nu} = -l_\nu + \frac{\sigma}{\sigma + \kappa_\nu} J_\nu + \frac{\kappa_\nu B_\nu}{\sigma + \kappa_\nu}$$

onde κ_ν é o coeficiente de absorção free - free (em cm^2/g);

ρ é o coeficiente de espalhamento Thompson (em cm^2/g);

(15) $\tau_\nu = \int_0^z (\kappa_\nu + \sigma) \rho dz$ é a profundidade ótica.

Os outros símbolos têm o sentido habitual.

A solução na aproximação de Eddington é

$$(16) \quad \pi F_\nu = \frac{2\pi B_\nu}{1 + \frac{\sqrt{3}}{2\beta_\nu} \coth t_\nu^0}$$

onde

$$\beta_\nu^2 = \frac{\kappa_\nu}{\kappa_\nu + \sigma}$$

Equilíbrio Hidrostático: Assumindo-se que na direção z haja equilíbrio hidrostático, podemos estimar a escala de altura do disco:

$$(17) \quad H = \frac{H_r}{2} + \sqrt{\frac{H_r^2}{4} + H_t^2 + H_g^2}$$

onde

$$(18) \quad H_r = \frac{2r^2}{cv_k^2} = \int_0^\infty (\kappa_\nu + \sigma) \pi F_\nu [\tau_\nu^0 / 2] d\nu$$

$$(19) \quad H_t = 2\gamma r$$

$$(20) \quad H_g = 2 \sqrt{\frac{kTr_v^2}{m_H} \cdot 1.68}$$

e onde H_t só depende da excitação da turbulência no ponto considerado, H_g só depende da pressão do gás e H_r só depende da pressão de radiação.

Temos, ainda,

$$(21) \quad \gamma = \frac{6\pi r}{R_c H}$$

$$(22) \quad v_r = \frac{3\pi}{R_o} \frac{v_k}{1 - \beta \sqrt{\frac{r_*}{r}}}$$

onde R_c é o n.º de Reynolds.

Estas equações medem, respectivamente, a excitação da turbulência e a eficiência do transporte do momento angular.

Admitiremos que o número de Reynolds seja constante no disco e que seja próximo do valor crítico (abaixo do qual não há turbulência):

$$R \approx R_c \approx (1 - 1.6) + 10^3$$

Essas equações podem ser resolvidas numericamente (Steiner, 1975). Nas figuras 15 e 16 estão as condições físicas assim obtidas.

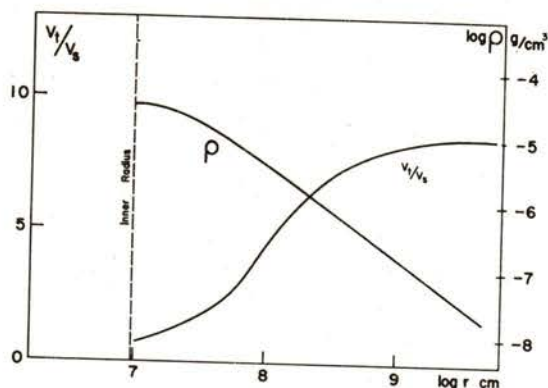


Fig. 15

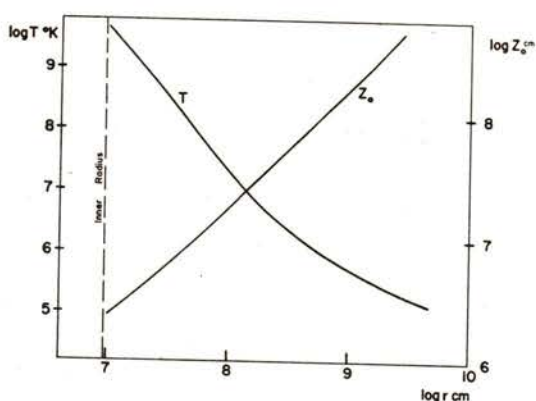


Fig. 16

Conhecidas as condições físicas, podemos calcular o espectro. Na figura 17 comparamos o espectro calculado com o espectro observado.

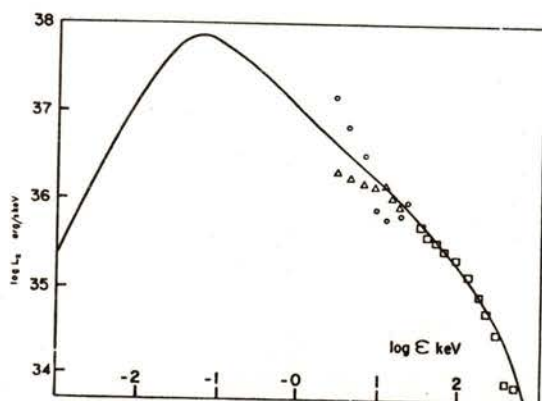


Fig. 17. Espectro calculado (contínuo) e observado (não estão indicados os erros das medidas).

6 — CONCLUSÕES

a) Das observações sobre a variabilidade dos objetos óticos, rádio e X, conclui-se que estas fontes pertencem ao mesmo sistema.

b) Das escalas de tempo de variabilidade X e ótico podem-se obter dimensões superiores para a região emissora e concluir que deve ser um objeto compacto.

c) Os diversos métodos para calcular a massa do objeto compacto nos levam massas da ordem de $10 M$.

d) O modelo de disco turbulento em torno de um buraco negro com $11 M$, explica o espectro X observado.

Existem, ainda, alguns fatos que requerem explicações mais satisfatórias. Entre eles, citamos:

- A origem dos estados altos e baixos.
- O mecanismo de emissão rádio.
- O mecanismo de oscilação ótica.

Concluimos que a hipótese de que Cygnus X-1 esteja associado a um buraco negro é a única, até a presente data, consistente com todas as observações disponíveis.

* REFERÊNCIAS

- Bolton, C.T., 1972b. *Nat.* 235, 273.
 Bolton, C.T., 1975. Preprint.
 Braes, L.L.E., Miley, G.K., 1972. *IAU Simp.* 55, 86.
 Bregman, J., Butler, D., Kemper, E., Koski, A., Kraft, R.P., Stone, R.P.S., 1973. *Ap. J.* 185, L117.
 Brucato, R., Kristian, J., 1973. *Ap. J.* 179, L 129.
 Eardley, D. M., Lightman, A. P., Shapiro, S. L., 1975. *Ap. J.* 199, L153.
 Hjellming, R.M., Wade, C.M., 1971. *Ap. J.* 168, L21.
 Hutchings, J. B., 1974. *Ap. J.* 188, 341.
 Hutchings, J. B., Coroley, A. P., Crampton, D., Fahlman, G., Glaspey, J., Walker, G. A. H., 1974. *Ap. J.* 191, 743.
 Hutchings, J.B., Crampton, D., Glaspey, J., Walker, G.A.H., 1973. *Ap. J.* 182, 549.
 Li, F. K., Clark, G. W., 1974. *Ap. J.* 191, L 27.
 Lightman, A.P., 1974. *Ap. J.* 124, 419.
 Lynden-Bell, D., 1969. *Nat.* 223, 690.
 Lynden-Bell, D. and Pringle, J.E., 1974. *MNRAS* 168, 603.
 Margon, B., Bowyer, J., Stone, R.P.S., 1973. *Ap. J.* 183, L113.

- Mason, K.O., Hawkins, F.J., Sanford, P.W., Murdin, P., Savage, A., 1974.*Ap. J.* 192, L65.
- Novikov, I.O. e Thorne, K.S., 1973.in *Black holes* pg. 343, Ed. C. deWitt and B. deWitt (Nova York — Gordon and Breach).
- Oda, M., Gorenstein, P., Gursky, H., Kellog, E. Schreier, E., Tananbaum, H., Giacconi, R., 1971.*Ap. J.* 166, L1.
- Pacheco, J.A. de Freitas, 1974.*Tese* — IAG-USP.
- Pacheco, J. A. de Freitas, 1975. *Astrophys. Sp. Sci.* 32, 205.
- Pacheco, J.A. de Freitas e Steiner, J.E., 1975a.*Astrophys. Sp. Sci.* in press.
- Pacheco, J.A. de Freitas e Steiner, J.E., 1975b. 1.º *Simpósio de Astrofísica Relativística e Cosmologia* — Rio de Janeiro.
- Pacynski, B., 1974.*Astron. Ap.* 34, 161.
- Page, D.N. Thorne, K.S., 1974.*Ap. J.* 191, 499.
- Sodré, L., 1976.*Tese* — Universidade de S. Paulo.
- Steiner, J.E., 1975.*Tese* — Universidade de S. Paulo.
- Pringle, J.E. and Rees, M.J., 1972.*Astron. Ap.* 21, 1.
- Rothschild, R.E., Boldt, E.A., Holt, S.S. and Serlemitsos, P.J., 1974.*Ap. J.* 189, L 13.
- Shakura, N.I., and Sunyaev, R.A., 1973.*Astron. Ap.* 24, 337.
- Tananbaum, H., Gursky, H., Kellogg, E., Giacconi, R. Jones C., 1972.*Ap. J.* 177, L5.
- Van den Heuvel, E.P.J., Ostriker, J.P., 1973.*Nat. Phys. Sc.* 245, 99.
- Wade, C.M., Hjellming, R.M., 1972.*Nat.* 235, 271.
- Webster, B.L., Murdin, P., 1972.*Nat.* 235, 38.

Instabilidade genética em microrganismos industriais

JOÃO LÚCIO DE AZEVEDO, Instituto de Genética, Piracicaba. Univ. S. Paulo, e Dept.º de Genética e Evolução, UNICAMP.

ABSTRACT. Microorganisms are largely used to produce substances of industrial value. Utilizing genetic processes they are being selected and improved aiming the obtention of highly production strains. However many strains are unstable giving inconsistent productions. Mitotic instability in fungi is being intensively studied and the causes of such instability can be due to diploidy, aneuploidy, heterokaryons, extranuclear factors and chromosomal duplications. Several methods of strain stabilization are known and these involve both reduction of instability by control of environmental conditions and by genetic processes. Instability, their causes and the methods to prevent such phenomenon in industrial conditions, are discussed.

RESUMO. Microrganismos são muito utilizados na produção de substâncias de valor industrial. Graças aos métodos genéticos eles vêm sendo selecionados e melhorados visando a obtenção de linhagens altamente produtivas. No entanto, muitas linhagens são instáveis dando então produções inconsistentes. O fenômeno da instabilidade mitótica em fungos está sendo intensamente estudado e as causas da instabilidade podem ser atribuídas a diploidia, aneuploidia, heterocariose, genes mutadores, fatores citoplasmáticos e duplicações cromossômicas. No entanto, vários processos de estabilização de linhagens instáveis já são conhecidos e estes envolvem tanto a redução de instabilidade por controle do ambiente, como a redução dessa instabilidade por processos genéticos. O fenômeno da instabilidade, suas causas e o meio de se prevenir essa instabilidade nas fermentações industriais é discutido.

Microrganismos são largamente utilizados em fermentações industriais para a produção de antibióticos, enzimas e outros produtos químicos, bem como na fabricação de bebidas e alimentos. Para que um rendimento satisfatório seja conseguido é necessário que tanto as condições de ambiente (meios de cultivo, pH, temperatura) sejam controladas como também as linhagens utilizadas devem ser apropriadas. Nesse último caso, os métodos genéticos têm contribuído de maneira toda especial para a obtenção de linhagens melhoradas que sobrepujam em rendimento as linhagens originalmente empregadas. Através da obtenção de mutantes e posterior seleção dos mesmos e mais recentemente, graças ao uso de técnicas de recombinação, notáveis progressos têm sido obtidos nessa área (9, 12, 24). Os conhecimentos básicos obtidos na área da Genética de

Microrganismos, tais como a descoberta de sistemas de recombinação em fungos e bactérias, os mecanismos de ação gênica e de regulação foram transferidos para o campo aplicado de maneira extremamente satisfatória de tal modo que os métodos empíricos fundamentados apenas na obtenção de mutantes foram substituídos por outros com sólidas bases genéticas.

Entretanto, não basta a obtenção de uma linhagem de microrganismos com alta produção; é necessário que essa característica se mantenha indefinidamente, ou, em outras palavras, que a linhagem seja estável. Linhagens industriais muitas vezes apresentam o sério problema da instabilidade genética que ocasiona quedas de produção, com graves prejuízos às indústrias que as utilizam. Apenas recentemente uma importância maior tem sido dada a este aspecto e o fenômeno da instabilidade genética, suas causas e os métodos de evitar ao máximo essa instabilidade vêm sendo estudados em microrganismos, principalmente nos fungos.

* Simpósio realizado em 10 de julho de 1976, em Brasília, durante a 28.ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

A INSTABILIDADE MITÓTICA EM FUNGOS

A produção de variantes que se distinguem do tipo parental que se divide apenas mitoticamente, é uma qualidade inerente ao próprio material genético. No entanto, na maioria dos casos a produção de tipos variantes é tão pequena que não chega a perturbar a estabilidade da linhagem, sendo devida ao aparecimento de raros mutantes espontâneos. Assim, fica difícil definir o que seja uma instabilidade genética; essa definição tem que ser relativa, implicando uma grande frequência de ocorrência de variação genética espontânea em uma população se reproduzindo vegetativamente, muito maior que aquela variação que poderia ser atribuída à mutação espontânea (10). Assim, pelo menos em fungos, a instabilidade genética pode ser atribuída a diversas causas, tais como diploidia, aneuploidia, heterocariose, genes mutadores, fatores citoplasmáticos e duplicações cromossômicas.

Linhagens diplóides em fungos. A maioria das espécies de fungos usados em processos industriais, são haplóides. No entanto, linhagens diplóides podem ser conseguidas artificialmente ou mesmo sua presença já foi constatada em ambientes naturais (14, 21). Essas linhagens diplóides são normalmente instáveis produzindo variantes. As causas de instabilidade nas linhagens diplóides de fungos são bem conhecidas: permuta mitótica e a haploidização (23). Tanto por permuta somática ou mitótica, como por haploidização, linhagens diplóides dão origem a variantes que se distinguem do diplóide original em uma ou mais características. Essas variantes são originadas por um processo que não envolve a meiose e tal processo é designado de ciclo parassexual. Uma vez que certas linhagens diplóides são empregadas em indústrias pois combinam características favoráveis de linhagens parentais envolvidas na formação do diplóide, (12) a instabilidade das mesmas apresenta sérios entraves à sua utilização efetiva. Assim, métodos de estabilização de diplóides são de extrema valia.

Linhagens aneuplóides. Em fungos, linhagens aneuplóides são extremamente instáveis. Especialmente dissômicos, que possuem um cromossomo adicional ao número básico haplóide perdem com relativa facilidade, através de não disjunção, o cromossomo em duplicata, voltando ao estado haplóide original (17, 18, 25). Métodos de se estabilizar esses dissômicos podem ter também valor aplicado pois, embora não se conheçam casos de

utilização de dissômicos em indústria, eles podem potencialmente ser de valor pois poderão conter, em duplicata, genes de importância para a melhoria de produção.

Heterocariose. Fungos que apresentam núcleos geneticamente distintos, em um citoplasma comum, constituem os heterocários. Um heterocário é instável, seja pela distribuição irregular de núcleos nas hifas resultando em setores homocarióticos, seja pela produção de esporos que podem romper o estado heterocariótico. Assim, fungos que apresentam esporos uninucleados não podem, evidentemente, manter o estado heterocariótico através de seus esporos, que germinando irão dar homocários. A combinação de núcleos distintos em um citoplasma comum pode produzir efeitos favoráveis em linhagens industriais e, neste mesmo simpósio, Bonatelli Jr. se refere a uma possível linhagem heterocariótica de *Aspergillus niger* utilizada industrialmente na produção de ácido cítrico e sua conseqüente instabilidade.

Genes mutadores. Certos genes, os mutadores, têm a propriedade de elevar as frequências de mutações espontâneas normalmente obtidas. Uma linhagem contendo esses mutadores, apresenta conseqüentemente uma instabilidade maior daquela que seria de se esperar por simples mutação espontânea. O modo de ação desses mutadores varia em cada caso (produção de um mutagênico interno, alteração em enzimas de reparo ou de replicação do material genético etc.).

Fatores citoplasmáticos. Estudos de instabilidade vegetativa devido aparentemente a modificações citoplasmáticas já foram descritas (16) em *Aspergillus nidulans* e são passíveis de ocorrência também em fungos industriais.

Duplicações cromossômicas. O caso mais recente de instabilidade mitótica em fungos foi descrito por Bainbridge e Roper (7) que verificaram que linhagem contendo uma duplicação cromossômica em *A. nidulans* era instável, produzindo variantes onde o material genético em duplicata é parcialmente ou totalmente perdido. Estudos feitos com outras linhagens portadoras de duplicações cromossômicas (5, 20) demonstraram que o fenômeno da instabilidade nas mesmas é geral e inclusive mais complicado do que se poderia esperar a princípio pois novas duplicações, estas em tandem, podem ser geradas nos segmentos cromossômicos em duplicata e essas duplicações em tandem possivelmente são transpostas para

outros grupos de ligação do fungo (2). Potencialmente, linhagens contendo duplicações cromossômicas podem ter valor industrial pelas mesmas razões discutidas quando foi referido o caso de haplóides e aneuplóides. Assim, qualquer tentativa da estabilização dessas linhagens poderá ter valor aplicado.

PROCESSOS DE ESTABILIZAÇÃO DE LINHAGENS INSTÁVEIS

Se por um lado a instabilidade genética é potencialmente vantajosa, pois leva à produção de variantes que podem ter qualidades favoráveis em um processo industrial e podem assim ser selecionados, por outro lado, uma linhagem já melhorada tem que ser mantida estável para produzir resultados reprodutíveis. A estabilização de linhagens instáveis pode ser conseguida por diversos artifícios que serão descritos a seguir, maior ênfase sendo dada nos métodos de estabilização desenvolvidos entre nós, no Setor de Genética de Microrganismos do Instituto de Genética, Piracicaba, Universidade de São Paulo.

Redução de instabilidade por controle do ambiente. Certas linhagens industriais, podem mostrar instabilidade devido ao aparecimento de esporos de baixa produtividade durante a estocagem. Para impedir esse fenômeno, os métodos de preservação de culturas é de enorme importância (19). A instabilidade de linhagens com duplicações cromossômicas foi reduzida por cultivo em meio contendo certos íons de metais pesados (13). Recentemente foi verificado, por nós, que um fungicida, o vitavax (carboxin) tem a propriedade de reduzir a instabilidade tanto de linhagens diplóides como de linhagens com duplicações cromossômicas (6); também o brometo de etídio parece exercer o mesmo efeito de redução de instabilidade (11).

Redução de instabilidade por processos genéticos

a) *Balanceados letais.* Este talvez seja o método mais prático de redução da instabilidade de linhagens que apresentam tal instabilidade devido à diploidia, aneuploidia, heterocariose ou duplicação cromossômica. Letais balanceados podem ser produzidos por irradiação de linhagem instável ou tratamento dessa linhagem com mutagênicos químicos como foi realizado em linhagens diplóides de *A. nidulans* (1, 4). A característica principal do método é a introdução de mutações recessivas

letais em repulsão e de preferência bastante próximas entre si, para evitar permuta mitótica, em cromossomos ou segmentos em duplicata homólogos. Essas mutações podem incluir inclusive auxotróficos (que se comportarão como letais em certos meios definidos) ou rearranjos cromossômicos. Ball (8) conseguiu através deste processo a estabilização de uma linhagem de *Penicillium chrysogenum* e possivelmente o diplóide estável descrito por Elander (15) em *P. chrysogenum* seja estável devido a um sistema de letais balanceados. O sistema também se presta à estabilização de heterocários (4) e inclusive de aneuplóides como recentemente conseguido por Pizzirani (22).

b) *Genes estabilizadores.* Assim como existem genes mutadores que aumentam a instabilidade, podem também ocorrer genes que estabilizam uma linhagem instável. Azevedo (3) em *A. nidulans* obteve por irradiação de uma linhagem com duplicação cromossômica através de luz ultravioleta, um derivativo muito mais estável que a linhagem instável original. A análise genética desse derivativo mostrou a existência de um determinante de estabilidade que se comportou como um gene simples e que se localizou em um grupo de ligação não envolvido na duplicação cromossômica. Embora o modo de ação desse gene que reduz instabilidade não seja ainda conhecido, a descoberta demonstrou a possibilidade de redução de instabilidade por um processo puramente genético.

REFERÊNCIAS

1. Azevedo, J.L., 1970. Recessive lethals induced by nitrous acid in *Aspergillus nidulans*. *Mutat. Res.* 10: 111-117.
2. Azevedo, J.L., 1972. O ciclo parassexual em fungos. *Rev. Microbiol.* 3: 157-168.
3. Azevedo, J.L., 1975. Altered instability due to genetic changes in a duplication strain of *Aspergillus nidulans*. *Genet. Res. Camb.* 26: 55-61.
4. Azevedo, J.L. & Roper, J.A., 1967. Lethal mutations and balanced lethal systems in *Aspergillus nidulans*. *J. Gen. Microbiol.* 49: 149-155.
5. Azevedo, J.L. & Roper, J.A., 1970. Mitotic nonconformity in *Aspergillus nidulans*: successive and transposable genetic changes. *Genet. Res. Camb.* 16: 79-93.
6. Azevedo, J.L., Santana, E.P. & Bonatelli Jr., R., 1977. Resistance and mitotic instability to chloroneb and 1,4 oxathiin in *Aspergillus nidulans*. *Mut. research* 48: 163-172.
7. Bainbridge, B. W. & Roper, J.A., 1966. Observations on the effects of a chromosome

- duplication in *Aspergillus nidulans*. *J.Gen. Microbiol.* 42: 417-424.
8. Ball, C., 1971. Haploidization analysis in *Penicillium chrysogenum*. *J.Gen.Microbiol.* 66: 63-69.
 9. Ball, C., 1973. The genetics of *Penicillium chrysogenum*. *Progress Ind.Microbiol.* 12: 47-72.
 10. Ball, C. & Azevedo, J.L., 1976. Genetic instability in parasexual fungi. *2nd Int. Symp. Genet.Ind.Microrg.* (K.D. MacDonald, Ed.). Academic Press, Nova York, 243-251.
 11. Bonatelli Jr., R. & Azevedo, J.L., 1977. Effects of ethidium bromide in diploid and duplication strains of *Aspergillus nidulans*. *Experientia* 33: 311-312.
 12. Burnett, J.H., 1975. Mycogenetics. John Wiley & Sons, Londres.
 13. Burr, K.W., 1973. The effects of modified DNA repair on chromosomal instability in *Aspergillus nidulans*. *PhD Thesis*, University of Sheffield, Inglaterra.
 14. Clutterbuck, A.J., 1974. *Aspergillus nidulans*. In "Handbook of genetics" (R.C.King, Ed.) Plenum Press, Nova York, 1: 447-510.
 15. Elander, R.P., 1967. Potential application of concepts of microbial genetics in antibiotic producing microorganisms. In "Induced mutations and their utilization. Abh.deutch Akad. Wiss. Berlim.
 16. Jinks, J.L., 1966. Extranuclear inheritance. In "The fungi" (Ainsworth, C.C. & Sussman, A.S. Edts.) 2: 619-660.
 17. Kafer, E., 1961. The processes of spontaneous recombination in vegetative nuclei of *Aspergillus nidulans*. *Genetics* 46: 1581-1609.
 18. Kafer, E. & Upshall, A., 1973. The phenotypes of the eight disomics and trisomics of *Aspergillus nidulans*. *J.Hered.* 64: 35-38.
 19. MacDonald, K.D., 1968. Preservation of the heterozygous diploid conditions in industrial microorganisms. *Nature, Lond.* 204: 404.
 20. Nga, B. H. & Roper, J. A., 1968. Quantitative intrachromosomal changes arising at mitosis in *Aspergillus nidulans*. *Genetics* 58: 193-209.
 21. Nga, B. H., Teo, S. P. & Lin, G., 1975. The occurrence in nature of a diploid strain of *Aspergillus niger*. *J. Gen. Microbiol.* 88: 364-366.
 22. Pizzirani, A.A., 1977. Características, propriedades e estabilização de dissômicos em *Aspergillus nidulans* (Eidam) Winter. *Tese de Mestrado*, ESALQ, Piracicaba.
 23. Pontecorvo, G. & Kafer, E., 1958. Genetic analysis based on mitotic recombination. *Adv. Genet.* 9: 71-104.
 24. Sermoniti, G., 1969. Genetics of Antibiotic-producing Microorganisms. Wiley-Interscience, Nova York.
 25. Upshall, A., 1971. Phenotypic specificity of aneuploid states in *Aspergillus nidulans*. *Genet.Res.Camb.* 18: 167-171.

Melhoramento de *Aspergillus niger* para produção de ácido cítrico

RENATO BONATELLI JUNIOR, Departamento de Genética e Evolução, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas-SP.

ABSTRACT. A citric acid producer strain of *Aspergillus niger* in surface culture, has shown instability on the culture media used. The instability was detected by sector production on minimal medium but not on complete medium. On complete medium, peptone and yeast extract are the responsible for the stabilization of the strain. The possible causes of such instability and its utilization as a criterion for selection of more productive strains is discussed. The obtention of diploids aiming increases in yield has proven useful for selection and breeding as already shown by other authors.

RESUMO. Uma linhagem de *Aspergillus niger*, produtora de ácido cítrico em fermentação de superfície mostrou instabilidade nos meios de cultura utilizados. A instabilidade é evidenciada pela produção de setores em meio mínimo e não em meio completo, sendo que, nesse meio, a peptona e o extrato de levedura são os responsáveis pela estabilização da linhagem. Discussão é feita com relação às possíveis causas da instabilidade e de sua utilização como critério de seleção de linhagens mais produtivas. No melhoramento visando aumento do rendimento constatou-se a utilidade da obtenção de diplóides confirmando dados obtidos por outros autores.

Um grande número de ácidos orgânicos são acumulados por fungos e por bactérias através da fermentação. O fungo filamentososo *Aspergillus niger* pode acumular, em determinadas condições e com linhagens selecionadas, dois tipos de ácidos orgânicos com interesse industrial: o cítrico e o glucônico. Desses, o ácido cítrico tem grande valor devido à sua utilização nas indústrias de alimentos, refrigerantes e farmacêutica, e, sua produção anual está estimada em torno de 90.000 toneladas (11).

Wehmer (16) foi o primeiro a relatar que o ácido cítrico era produzido através da fermentação por fungos por ele denominados de *Citromyces pfefferians* e *C. glaber*, que são atualmente classificados no gênero *Penicillium*. Atualmente grande parcela da produção de ácido cítrico vem da fermentação feita com linhagens de *A. niger*, sendo que atenção especial tem sido dada a espécies de *Candida* como potenciais produtores.

O início do nosso trabalho vem de consulta feita pela indústria sobre a instabilidade de uma linhagem de *A. niger* (10 v 10) com relação ao rendimento, evidenciada por flutuações consideráveis entre as diferentes câmaras de fermentação. Posteriormente, outro interesse foi delineado envolvendo o melhoramento da

linhagem para produção e/ou rendimento. Sendo assim, dois tópicos principais apresentaram-se e seu estudo envolveu dois dos laboratórios que trabalham com genética de microrganismos, o do Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e o do Departamento de Genética e Evolução do Instituto de Biologia da UNICAMP.

COMPORTAMENTO DA LINHAGEM

O comportamento da linhagem usada foi estudado principalmente com relação aos meios de cultura utilizados na manutenção vegetativa (14) para a análise genética de *Aspergillus nidulans*. Os resultados obtidos estão sumariados na Tabela I, indicando que a linhagem forma setores de morfologia alterada no meio mínimo (MM) e não os forma, ou a evidenciação dos setores não é possível no meio completo (MC); havendo formação de setores por microcolônias evidenciando-se uma possível causa genética para o processo. Após a adição dos compostos que existem no MC ao MM, nota-se que dois deles, o extrato de levedura e a peptona, impedem a formação, ou, então, não proporcionam a evidenciação dos setores (Tabela II). Além disto, a adição desses com-

TABELA I — Produção de setores da linhagem de *A. niger* em meios mínimo e completo

Inoculação (Massa de Esporos)			
MEIOS	n.º placas	N.º total setores	Média setores por placa
MÍNIMO	160	300	1,875
COMPLETO	160	1	0,003
<i>microcolônias</i>			
MEIO	n.º placas	n.º total setores	Média setores por placa
MÍNIMO	39	83	2,128
COMPLETO	39	00	0,000

TABELA II — Taxa de crescimento, produção de setores e viabilidade de *A. niger* em meio completo, mínimo e mínimo com suplementação dos componentes do meio completo.

MEIOS	TAXA DE CRESCIMENTO (micras/hora)	SETORES	VIABILIDADE (porcentagem)
COMPLETO	583,30 a *	não	100,00
MÍNIMO	310,13 c	sim	24,05
MÍNIMO com Extrato de levedura	555,50 a	não	110,57
MÍNIMO com Peptona	467,56 b	não	101,84
MÍNIMO com Caseína Hidrolisada	328,66 c	sim	98,14
MÍNIMO com Solução Vitaminas	310,13 c	sim	96,28
MÍNIMO com Ácido Nucleico	310,13 c	sim	28,57

* As taxas de crescimento com as mesmas letras não diferem estatisticamente (Teste de Tukey).

postos ao MM faz com que a taxa de crescimento seja bastante semelhante à observada no MC. Esses resultados podem ser interpretados de duas maneiras: ou a adição desses compostos suplementa uma possível deficiência nutricional da linhagem ou, alternativamente, eles permitem um maior crescimento da linhagem o que impede a evidênciação de setores com crescimento ligeiramente superior à linhagem original. Ambas alternativas promoveriam a estabilização da linhagem. No entanto, outras alternativas podem ser consideradas quais sejam aneuploidia, heterocariose, diploidia etc. (2).

Existem evidências que reforçam a hipótese da heterocariose (4) quais sejam: presença de conídios binucleados numa proporção de cerca de 60% (3) e a sobrevivência dos conídios da linhagem em meios de cultura com e sem suplementação (Tabela II). Tentativas de isolamento e purificação dos setores foram efetuadas, sendo que os mesmos apresentaram-se novamente instáveis, produzindo outros

setores, semelhantes em morfologia aos originalmente observados.

Estas características podem servir como apoio a programas de melhoramento, desde que tenham boa repetibilidade em linhagens com produção elevada.

MELHORAMENTO DA LINHAGEM

Dentro dos processos usualmente utilizados no melhoramento de determinado organismo podem ser destacados como métodos: 1) o genético e 2) o ambiental. Ambos visam o aumento da produção e/ou rendimento da linhagem, sendo que, no caso de microrganismos industriais, o genético atua por introdução de alteração do genótipo, seja por indução de mutação, poliploidização ou por hibridização, seguida ou não por recombinação; o método ambiental se baseia em modificações nas condições de fermentação, tais como pH, concentração de açúcar etc. Usualmente os dois

métodos são conjugados, resultando num melhor aproveitamento do potencial da linhagem.

Dentro dos métodos de melhoramento genético, o de mutação e seleção permitiu o grande progresso da indústria de fermentação (7), porém, por ser bastante empírico, tornou-se difícil estabelecer linhas de trabalho a partir dos resultados obtidos e o conhecimento sobre as linhagens melhoradas obtidas é escasso. A introdução das técnicas de diploidização, hibridização e recombinação, coloca à disposição dos microbiologistas industriais um novo arsenal de métodos cuja eficiência tem sido comprovada em estudo conduzidos em *Aspergillus nidulans* (8,12) como organismo modelo e em *Penicillium chrysogenum* (1), es-

tando atualmente sendo aplicados em muitos outros microrganismos (13, 15). Em nossos estudos com o *A. niger*, visando o melhoramento genético foram utilizados métodos de mutação e seleção, sendo o mutagênico utilizado a radiação gama de fonte de cobalto 60, tendo em vista o trabalho de Das e Nandi (6) como também o de poliploidização, com a indução de mutantes deficientes nutricionais e obtenção de diplóides.

Os testes em condições industriais estão resumidos na Tabela III mostrando a avaliação das linhagens obtidas. Um teste preliminar em meios seletivos foi feito, tendo-se em vista uma redução no trabalho de seleção das linhagens. Os dados obtidos permitem destacar: 1) a linhagem N, um possível diplóide, apresenta o

TABELA III — Comparação dos rendimentos médios de ácidos cítricos em condições industriais de linhagens de *A. niger* e relação com meios seletivos usados.

LINHAGEM	RENDIMENTO	ÍNDICE	ÍNDICE
		Meio Foster & Davis	Meio Doelger & Prescott, 1936
N + +	71,00 a*	—	—
F	69,46 a	1,4	3,3
L	69,33 a	1,6	3,2
M	68,44 a	1,7	3,8
E	67,56 a	1,8	3,9
B	66,92 a	1,7	3,3
D (controle)	65,86 a	1,8	3,1
C	65,69 a	1,5	3,6
A	62,81 a	1,9	3,1
J	60,29 b	2,8	2,9
H	52,97 b c	2,3	4,3
G	44,50 c	2,9	3,5
K	14,21 d	1,3	3,4

* Médias comparadas por Teste de Tukey.

+ + Possível diplóide; as demais linhagens obtidas com radiação gama.

melhor rendimento, sendo que a diferença constatada não foi significativa; essa linhagem vem sendo atualmente utilizada na indústria com rendimento superior à original, num período de um ano, de cerca de 10%; e 2) não foi evidenciada relação entre o rendimento em condições industriais e os índices constatados em meios seletivos.

Foi constatada também alta correlação entre rendimento de ácido cítrico e a titulação do meio de fermentação ($r = 0,9538$, significativo ao nível de 1%) indicando que seleção de linhagens utilizando somente a titulação do meio de fermentação pode ser efetuada. Esse procedimento economizará tempo precioso na seleção de linhagens com maior produção e/ou

rendimento, tendo vista a dificuldade apresentada pelos métodos na determinação de ácido cítrico em grandes quantidades.

Os resultados dos rendimentos das diversas fermentações (Fig.1) indicam que há uma variação menor no rendimento das linhagens com produção maior que o controle, sugerindo que estas apresentem uma homeostase maior. Este fato pode explicar, pelo menos em parte, o aumento no rendimento, evidenciando um outro aspecto que pode ser explorado no melhoramento, pois a obtenção de linhagem ou linhagens mais estáveis a partir de uma que seja mais instável porém com bom rendimento, como foi o caso, pode poupar tempo e trabalho que seria despendido na procura de outra li-

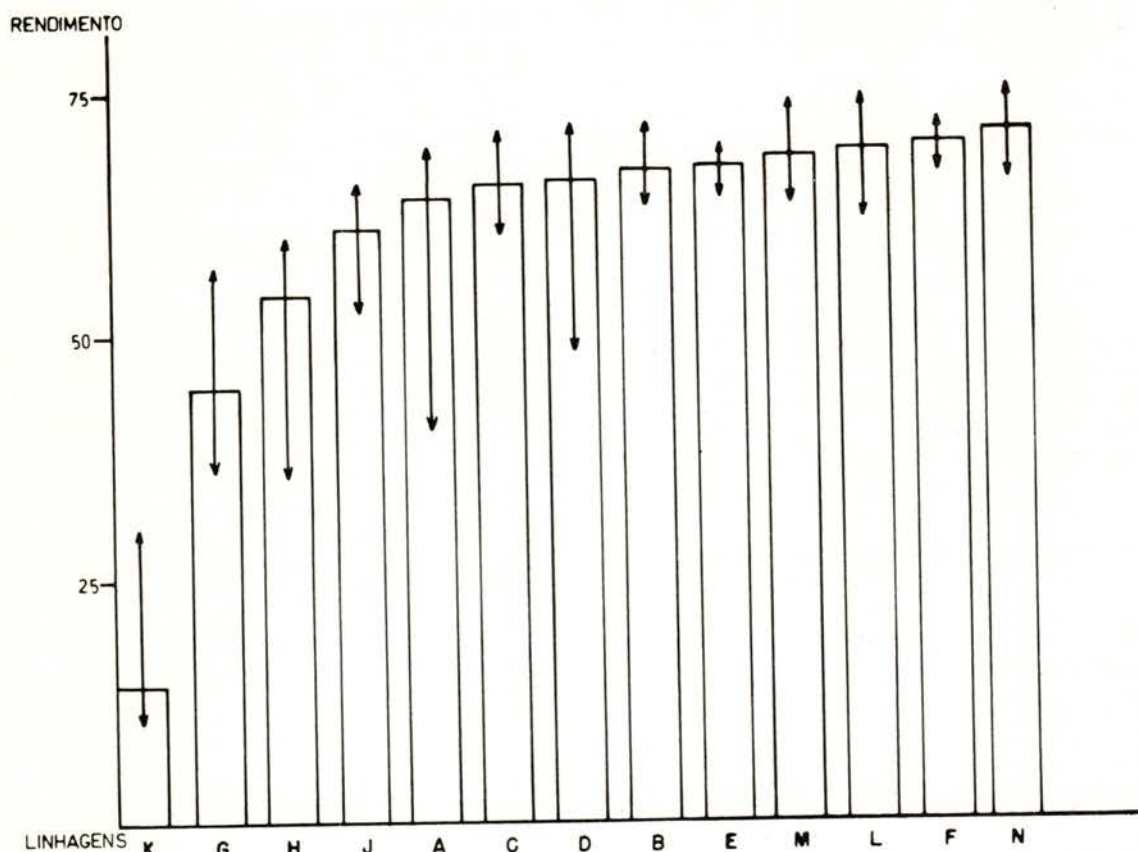


Figura 1. Médias de rendimento de linhagens (indicadas por letras) no sétimo dia de fermentação. Setas indicando amplitude de variação em torno da média em 8 repetições. A linhagem D corresponde ao controle.

nhagem com rendimento elevado e estável. Naturalmente trabalhos paralelos devem ser desenvolvidos para que esta hipótese possa ser comprovada.

CONCLUSÕES

Devido ao número de dados que este início de trabalho oferece é prematura qualquer conclusão mais segura, podendo ser evidenciado o sucesso da diploidização, confirmando os resultados de Chang e Terry (5) que obtiveram diplóides mais produtivos que a linhagem original.

Esses dados abrem outras possibilidades, como a obtenção de recombinantes através do ciclo parassexual, método utilizado com sucesso em outros organismos, utilizando-se a genética quantitativa. Estas alternativas, visando o estabelecimento de cruzamentos mais promissores e a determinação de critérios mais racionais para a utilização da diploidização, hibridização e recombinação, visariam a ampla

utilização dos métodos genéticos, no melhoramento de microrganismos industriais.

REFERÊNCIAS

1. Ball, C., 1973. Improvement of penicillin productivity in *Penicillium chrysogenum* by recombination. IN: Vanek, Z., Z. Hostalek e J. Cudlin, Eds. *Genetics of industrial microorganisms*, Vol. II. Amsterdam, Elsevier Publ. Co., pp. 227-237.
2. Ball, C. e J.L. Azevedo, 1976. Genetic Instability in parasexual fungi. IN: MacDonald, K.D., Ed. *Proc. 2nd. Int. Symp. Genet. Indust. Microorg.*, N.Y., Academic Press, pp. 243-251.
3. Baracho, I.R., W.R. Coelho e M. Kimura, 1975. Variações no número de núcleos em conídios de *Aspergilli* do grupo *niger*. *Ciência e cultura* 27: 227.
4. Bonatelli Jr., R. e J.L. Azevedo, 1974. Instabilidade em *Aspergillus niger*. *Rel. Cientif. IGEN — ESALQ — USP.*, 8: 47-49.
5. Chang, L.T. e C.A. Terry, 1973. Intergenic complementation of glucoamylase and citric

- acid production in two species of *Aspergillus*. *Appl. Microbiol.*, 25: 890-895.
6. Das, A. e P. Nandi, 1972. Specific effects of mutagens on *Aspergillus niger* in producing citric acid. *Folia Microbiol.*, 17: 248-250.
 7. Demain, A.L., 1973. The marriage of genetics and industrial microbiology — after a long engagement, a bright future. IN: Vanek, Z., Z. Hostalek e J. Cudlin, Eds. *Genetics of industrial microorganisms*, vol. I. Amsterdam, Elsevier Publ. Co., pp. 19-32.
 8. Ditchburn, P., G. Holt e K. D. MacDonald, 1976. The genetic location of mutations increasing penicillin yields. IN: MacDonald, K.D., Ed. *Proc. 2nd. Int. Symp. Genet. Indust. Microorg.*, N.Y., Academic Press, pp. 213-227.
 9. Doelger, W.P. e S.C. Prescott, 1934. Citric acid fermentation. *Ind. Eng. Chem.*, 26: 1142-1149.
 10. Foster, J.W. e H. Davis, 1949. Detection and occurrence of acid producing fungi. *Bull. Torrey Bot. Club*, 76: 174-176.
 11. Lockwood, L.D., 1976. Organic acid production. IN: Smith, J.E. e D.R. Berry. Eds. *The filamentous fungi*, vol. I. Londres, Edward Arnold Ltd., pp. 140-157.
 12. MacDonald, K.D., 1973. Genetics of Penicillin production in *Penicillium chrysogenum* and *Aspergillus nidulans*. IN: Vanek, Z., Z. Hostalek e J. Cudlin, Eds. *Genetics of industrial microorganisms*, vol. I. Amsterdam, Elsevier Publ. Co., pp. 255-264.
 13. MacDonald, K. D., 1976. *Proceedings of the 2nd. Symposium on Genetics of Industrial Microorganisms*, N. Y., Academic Press.
 14. Pontecorvo, G., J.A. Roper, L.M. Hemmons, K.D. MacDonald e A.W.J. Bufton, 1953. The genetics of *Aspergillus nidulans*. *Adv. Genet.* 5: 141-238.
 15. Vanek, Z., Z. Hostalek e J. Cudlin, 1973. *Genetics of industrial microorganisms*, vol. I e II. N.Y., Academic Press.
 16. Wehmer, C., 1893. *Compt. Rend.*, 117: 332. *Apud*. Perlman, D. e C. J. Sih, 1960. Fungal synthesis of citric, fumaric and itaconic acids. *Prog. Ind. Microbiol.*, 2. 168-194.

Métodos de obtenção de mutantes de interesse para a microbiologia industrial

SÉRGIO OLAVO PINTO DA COSTA, Departamento de Biologia, Instituto de Biociências, USP.

ABSTRACT. Selective methods for isolation of mutants are based in the differences between growth rates of the mutant and original strain. Continuous culture can permit a complete substitution of the parental strain by the mutant.

RESUMO. Métodos seletivos para o isolamento de mutantes são baseados nas diferenças entre a taxa de crescimento do mutante requerido e da sua linhagem paternal. Cultura contínua pode permitir uma completa substituição da linhagem paternal pela mutante para vias biossintéticas, pode ser possível inibir a linhagem paternal por análogos de metabólitos e seleção de mutantes resistentes em placas. A sensibilidade à inibição pelo análogo é maior com mutantes braditróficos ("Leak mutants") ou com o emprego de uma fonte de carbono que limita o "pool" metabólico de precursores da via. Esses métodos selecionam mutantes resistentes à inibição pela retroinibição ("feed back") e mutantes desreprimidos que podem superproduzir produtos finais ou intermediários de vias.

Mutantes de genes reguladores e estruturais para vias catabólicas podem ser selecionados de meios contendo análogos de substratos normais de crescimento.

Pressões seletivas podem ser aumentadas tamponando-se o meio de crescimento com valores de pH fora do necessitado para o crescimento ótimo ou por incubação em temperaturas elevadas. Vários passos sucessivos podem ser necessitados para se obter mutantes de altas taxas de enzima ou de determinados produtos.

A disponibilidade de mutantes de microrganismos é fundamental, tanto para a pesquisa em genética pura como aplicada.

A perfeita compreensão do mecanismo de ação da maioria dos mutagênicos ainda não é bem conhecida. De um modo geral mutagênicos produzem danos químicos no DNA que requerem intervenção de enzimas de reparo. O reparo do DNA é o meio pelo qual a célula tenta conservar a integridade de seu material genético. Quando ele falha completamente o resultado é a morte; quando ele se faz erradamente, pode resultar em mutação. Linhagens de bactérias que não podem realizar a excisão corretamente chegam a ser mais de 20 vezes mais mutáveis pela ação da luz ultravioleta e alguns mutagênicos químicos, do que as que conseguem realizar o reparo. Um semelhante aumento na sensibilidade (embora menos efetivo) é obtido se drogas que inibem a excisão (ex: cafeína, acriflavina, 8-metoxipsoralen) são adicionadas às bactérias após a irradiação. Quando a excisão é inibida ou está ausente,

grande número de mutantes pode ser obtido após doses baixas de mutagênicos.

Apenas serão consideradas aqui mutações por substituições de bases, já que elas são de especial interesse para a microbiologia industrial.

Escolha de mutagênicos: De todos os agentes, a luz ultravioleta é o mais indicado como mutagênico prático. Primeiramente porque a taxa de indução de mutação é usualmente alta. Também, porque todos os tipos de alterações moleculares conhecidos podem ser induzidos, incluindo mudanças de quadro de leitura e substituições de pares de base. Além do mais é um dos poucos mutagênicos facilmente controlados e dirigidos unicamente para o material experimental; não podendo entrar no corpo, não apresenta risco mutagênico para o pesquisador.

Deve ser considerado, contudo, um número crescente de linhagens que não são mutáveis pela UV, pois parecem não ter uma via depen-

dente de *exr A*⁺ funcional (deficiência no gene *exr A* leva à incapacidade de preencher o espaço resultante do reparo por excisão, o que leva à inviabilidade da célula). Exemplos incluem alguns *Haemophilus*, *Proteus* e *Micrococcus radiodurans*, *Methylococcus capsulatus* e várias bactérias que oxidam o metano, tais como *Methylobacter*, *Methylomonas*, *Methylocystis* e *Methylosinus*.

Diante de casos como esses, um outro mutagênico deve ser escolhido. Para *E. coli* existem duas drogas potentes, mesmo para linhagens *rec A* e *exr A*: metanossulfonato de etila (EMS) e N-metil-N'-nitro-N-nitrosoguanidina (NG). Linhagens não mutáveis por UV são, contudo, mais sensíveis ao efeito letal desses agentes. EMS é preferido por segurança. Ele parece produzir mudanças de G:C para A:T (etilação de guanina na posição O-6 e N-7). Essa base etilada parece emparelhar com timina e não com citosina. Conhecem-se somente dois exemplos de organismos não mutáveis pelo EMS: um é o mutante *rad-6*-UV sensível, de *Saccharomyces cerevisiae*, e o outro é o grupo de bactérias que oxida o metano, mas isso pode ser devido a extrema sensibilidade dessas bactérias ao EMS.

O NG tem sido muito usado nesses últimos anos, principalmente por causa de sua alta mutagenicidade. Seu mecanismo de ação ainda é um tanto obscuro mas parece certo que há uma ação preferencial sobre o ponto de replicação do DNA. Como EMS, NG também produz alquilações na posição O-6 da guanina e tem sido mostrado que essas são especificamente excisadas em contraste com a alquilação na posição N-7.

O NG deve ser a última escolha como mutagênico por várias razões. Primeiramente, produz grupos de mutações ligadas. Assim sendo, é quase impossível, mesmo em baixas doses, evitar de produzir outras mutações não desejáveis no genoma. Naturalmente, isso pode algumas vezes ser útil, particularmente, quando o fenótipo desejado requer mais do que uma mutação no mesmo cistron ou operon. Outras razões são concernentes com a segurança. O NG é um potente carcinogênico e deve ser considerado particularmente perigoso no estado cristalino seco. O risco de inalação de pequenos cristais é grande. Além do mais, é sujeito a explodir, quando aquecido. É citado um exemplo na literatura de um acidente ocasionado por introdução de alça de platina quente num frasco contendo solução de NG. Com a explosão es-

palhou o mutagênico numa sala contendo uma dúzia de estudantes que ali trabalhavam.

Não se deve esquecer que todos os agentes mutagênicos são potencialmente carcinogênicos; quanto mais mutagênico, mais carcinogênico. Se um dado agente pode produzir câncer no homem, dependerá de muitos fatores, incluindo solubilidade, via de entrada, atividade metabólica da flora de algum órgão do corpo, presença de vírus oncogênicos latentes e a ocorrência de possíveis tratamentos sinérgicos tais como outras drogas e o fumo. Como todos esses fatores são imponderáveis, deve-se lidar com mutagênicos como se fossem venenos e, portanto, manipulá-los com muito cuidado.

Métodos de isolamentos de mutantes bacterianos. Uso de cultura contínua: A base teórica do uso da cultura contínua para isolamento de mutante é que mutantes produzindo mais enzima, melhor enzima ou capazes de incorporar um composto de carbono em concentração limitante de crescimento mais eficientemente terá uma vantagem de crescimento e sobrepujará a linhagem paternal. Apenas diferenças relativamente pequenas na taxa de crescimento serão necessárias e culturas são desenvolvidas em quimiostato para quantas gerações forem necessárias para demonstrar o mutante.

Horiuchi e col.¹¹ isolaram mutantes de *E. coli*, que produziam β -galactosidase constitutivamente pelo crescimento em quimiostato de uma linhagem induzível em meio contendo lactose em concentração limitante, por aproximadamente 10 gerações. Uma vez que lactose não é efetiva como indutor em qualquer mutante constitutivo que apareça, terá uma vantagem de crescimento sobre o tipo selvagem induzível. Esse método tem sido usado com sucesso para outras enzimas indutoras. Hegeman (1966) obteve mutantes de *Pseudomonas putida* que eram constitutivas para as enzimas do mandelato, por essa via. Mutantes constitutivos são capazes de competir com linhagens induzíveis por produzirem mais enzima e, se o processo de seleção é prolongado, um aumento adicional da quantidade da enzima pode resultar de amplificação gênica. Horiuchi e col.¹¹ encontraram que após aproximadamente 100 gerações em cultura contínua, em meio com limitação de lactose, aparecem linhagens que apresentam várias cópias de genes e produzem β -galactosidase em quantidades que atingem acima de 25% da

proteína total da célula. Essas "superlinhagens" são muito instáveis quando removidas do quimiostato.

Mais recentemente, Hartley e col.⁹ e Hartley¹⁰ selecionaram linhagens mutantes de *Klebsiella aerogenes* que cresciam mais depressa em culturas de quimiostato limitadas pelo xilitol. A linhagem paternal era constitutiva para a desidrogenase do ribitol que tinha baixa atividade para xilitol e alguns dos mutantes, que produziam 20% de sua proteína total como desidrogenase do ribitol, foram considerados terem adquirido cópias adicionais de genes. Seleção no quimiostato seguido de mutagênese pela nitrosoguanidina leva a produção de linhagens mutantes que produzem uma desidrogenase do ribitol com um Km diminuído para xilitol e uma taxa de atividade aumentada de xilitol para ribitol.

Numa combinação de pressão seletiva direta e cultura contínua foi usada por Francis e Hansche⁷ para selecionar mutante com fosfatase ácida alterada em *S. cerevisiae*. Nesse caso, crescimento foi limitado provendo β -glicerofosfato como fonte de fosfato e a cultura foi mantida a pH maior do que o ótimo para a enzima. Após 400 gerações eles obtiveram um mutante que produziu fosfatase ácida com um pH ótimo mais elevado.

Estudos deste tipo sugerem que seleção por cultura contínua é de aplicação limitada e é mais indicada para selecionar mutantes reguladores e mutantes com amplificação gênica, se bem que pode ser estendida para selecionar mutantes com enzimas alteradas.

Mutantes resistentes a repressão catabólica: A indústria de fermentações necessita de duas condições fundamentais para que seja economicamente vantajosa: processo contínuo de produção ou sistema aberto de crescimento, obtido pelo uso do quimiostato e rendimento elevado do produto desejável, que se consegue através do controle das condições de cultivo e do controle do material genético. Ambos esses controles visam minimizar o efeito da repressão catabólica.

A repressão catabólica ocorre por redução da velocidade de síntese de uma dada enzima, particularmente do metabolismo de degradação, na presença da glicose ou de outros compostos. Já na repressão transitória, ocorre repressão mais intensa observada logo após a adição da glicose.

Entende-se por inibição catabólica, o controle exercido pela glicose sobre a atividade

(não síntese) da enzima. É análoga à inibição pelo produto final ("feed back") da via sintética.

Sabe-se que a síntese da maioria dos produtos de fermentação industrial (aminoácidos, ácidos orgânicos, enzimas, ácidos nucleicos, antibióticos) são controlados pela repressão catabólica.

Para o caso do operon *lac* da *E. coli*, a transcrição dos genes estruturais requer uma proteína ativadora (CRP), que em combinação com o monofosfato cíclico de adenosina (cAMP) liga-se ao promotor e facilita a transcrição pela polimerase do RNA. O cAMP libera a síntese da β -galactosidase reprimida pela glicose e o papel da sua ligação a uma proteína como condição essencial para transcrição *in vivo* e *in vitro* nos operons *lac* e *ara* está hoje bem documentado (Emmer e col.⁴).

Esses fatos conduziram à obtenção de mutação no promotor. Esse tipo de mutante pode oferecer resistência à repressão catabólica e assim produzir altos níveis de enzima.

Outros mutantes insensíveis à repressão catabólica podem ser obtidos por alteração do gene da proteína CRP ou da enzima adenil ciclase. Esse tipo de mutação pode ter efeito pleiotrópico sobre vários operons de enzimas catabólicas.

Existem dois meios indicados para isolamento de mutantes resistentes à repressão catabólica: (1) seleção de revertentes de mutantes que apresentam taxas de síntese de enzimas muito baixas; (2) seleção de mutantes a partir de placas contendo um catabólito repressor como única fonte de carbono e um substrato como a única fonte de nitrogênio para o crescimento.

Os mutantes de promotor do operon *lac* que exibiam resistência à repressão catabólica, foram isolados como revertentes de uma classe de mutantes lactose-negativos que podiam ser induzidos pelo IPTG a sintetizar β -galactosidase numa taxa de 5% em comparação com a linhagem paternal. Alguns desses mutantes de promotor com taxas muito baixas de síntese de β -galactosidase eram mais ou menos insensíveis à repressão pela glicose. Os revertentes lactose-positivos produziam β -galactosidase em alta taxa e, em alguns, a taxa da síntese foi a mesma quando induzidos em meio contendo glicerol, glicose ou glicose-6-fosfato.

Para se isolarem mutantes de *S. typhimurium* resistentes à repressão catabólica pela

glicose e por duas enzimas da via de degradação da prolina, foi utilizado um meio contendo glicose, como única fonte de carbono e prolina como fonte de nitrogênio.

Mutantes por vias biossintéticas. Inibição por análogos de metabólitos: Análogos de metabólitos inibem o crescimento bacteriano, competindo com o metabólito normal através de um sítio de ligação essencial. Dessa forma, pode-se selecionar uma variedade de mutantes resistentes a eles.

Mutantes de *E. coli* livres da repressão pelo triptofano, foram isolados por Cohen & Jacob⁵ pela seleção de mutantes resistentes à inibição pelo 5 metil-triptofano. Desde então muitos análogos foram usados para se obterem mutantes desreprimidos e resistentes à retroinibição. Uma série de análogos de metabólitos, usados em trabalhos realizados com *E. coli* e *S. typhimurium* pode ser encontrada na revisão feita por Umbarger¹⁴.

Enzimas biossintéticas da histidina em *S. typhimurium* são quase inteiramente reprimidas na linhagem do tipo selvagem crescendo em meio mínimo e essa linhagem é insensível à inibição por análogos da histidina. Culturas podem se tornar sensíveis à inibição do crescimento pelo análogo 1, 2, 4-triazol-3-alanina, pelo uso de um mutante braditrófico ("leaky mutant") ou através de inibição parcial da enzima imidazol glicerol fosfato de-hidrase pela

ação de outro análogo, o 3-amino-1,2,4-triazol. O princípio é que quando a taxa de funcionamento da via biossintética é restringida, a cultura requer níveis de enzimas inteiramente desreprimidos, a fim de crescer quando então, o composto 1,2,4-triazol-3-alanina inibe o crescimento por repressão análoga. Mutantes resistentes a esse análogo mostraram-se desreprimidos para as enzimas do operon histidina.

Algumas espécies bacterianas podem ser menos sensíveis do que *E. coli* à inibição de crescimento por análogos de metabólitos. Esse problema pode decorrer de alguma diferença na especificidade de enzimas envolvidas ou nos controles regulatórios. Esse problema foi contornado mudando as condições de crescimento (estado fisiológico da cultura e meio de cultivo) e testando um grande número de análogos.

Isolamento de mutantes de enzimas catabólicas: Aqui também, muitos métodos de isolamento de enzimas catabólicas são baseados no uso de análogos no meio seletivo. Jacob e Monod¹² no livro "The Lactose Operon" justificaram que uma das principais razões para a escolha da utilização da lactose pela *E. coli*, ao invés de outro sistema induzível, para a realização de um estudo detalhado de indução enzimática, foi a possibilidade de se obterem análogos de galactosídios para se investigarem as especificidades existentes entre o indutor e substrato.

TABELA 1 — Emprego de análogos de galactosídios no sistema *lac*

Composto	Função	Utilização
XG	Substrato cromogênico	distinguir em placas, colônias induzíveis e constitutivas
PG	Substrato não indutor	selecionar mutantes constitutivos
LA	Substrato fraco	selecionar mutantes constitutivos e mutantes que produzem altos níveis de β -galactosidase
IPTG	Indutor não substrato	indutor e isolamento do repressor <i>lac</i>
ONPF	Compete com galactosídios indutores	inibe a síntese, a indução e também reprime a síntese em algumas linhagens constitutivas
TONG	É transportado pela permease <i>lac</i> e inibe o crescimento	seleciona mutantes que produzem grandes quantidades de repressor <i>lac</i> , por seleção de mutantes com fenótipo induzível a 43°C, a partir de mutante constitutivo sensível à temperatura. A linhagem constitutiva parental foi incapaz de crescer a 43°C na presença de TONG e por adição de lactose e IPTG, aqueles mutantes que se tornaram resistentes ao TONG pela perda da permease <i>lac</i> foram também eliminados. Os mutantes sobreviventes produziam mais de um produto do gene <i>i</i> e foram considerados mutantes de promotor.

XG = 5-bromo-4-cloro-3-indolil- β -D-galactosídio; PG = fenil- β -D-galactosídio; LA = ácido lactobiônico; IPTG = isopropil- β -D-tiogalactosídio; ONPF = 2-nitrofenil- β -D-fucosídio; TONG = ortonitrofenil- β -D-tiogalactosídio.

Através do conhecimento de efeitos dos análogos de galactosídios sobre o sistema de indução do operon *lac*, foi possível desenvolver métodos de seleção de mutantes extremamente elegantes em outros sistemas de utilização de açúcares (Tabela 1). Por exemplo, Buttin² obteve mutantes constitutivos *gal* pelo crescimento de *E. coli* em meio contendo galactose como fonte de carbono, na presença de metil- β -D-tiogalactosídeo (TMG) que inibe a indução do operon *gal*. Engelsberg e col.⁶ isolaram mutantes que eram constitutivos para as enzimas da arabinose, por seleção em meio contendo L-arabinose como fonte de carbono, na presença de L-fucose que impede a indução do operon *ara*.

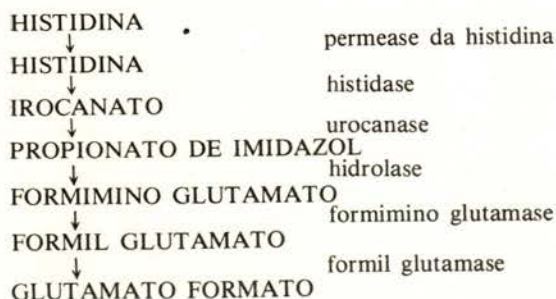
Em *Pseudomonas aeruginosa*, usando-se meio contendo diferentes amidas tem-se selecionado genes mutantes reguladores e estruturais de amidases alifáticas (Betz e col.¹; Clarke,³). Meio mínimo contendo succinato como fonte de carbono e formamida (fraco como indutor e como substrato) como fonte de nitrogênio, é usado para selecionar mutantes constitutivos e também mutantes que são mais facilmente induzidos pela formamida. Butiramida é um substrato muito pobre e inibe a indução na linhagem do tipo selvagem e pode ser usado para selecionar mutantes constitutivos que são resistentes à repressão pela butiramida.

Mutantes para a via intermediária da degradação da histidina: A via intermediária para a degradação da histidina pela *Pseudomonas aeruginosa* pode ser vista na Fig. 1. As enzimas da via intermediária são induzidas pelo urocanato, o produto da primeira enzima, e sujeitas à repressão catabólica pelo succinato (Lessie e Neidhardt,¹³). Clarke³ isolou várias classes de mutantes onde inclui a *P. aeruginosa* PAC1 que, diferentemente da maioria das linhagens dessa espécie, não pode utilizar his-

tidina como única fonte de carbono para crescimento, embora possa utilizá-la como fonte de nitrogênio. O defeito está na permease da histidina e não em qualquer das enzimas da via de degradação. A histidina pode ser transportada numa taxa suficiente para satisfazer as necessidades de um auxotrófico de histidina e suficiente para induzir histidase e permitir um crescimento pobre num meio contendo histidina e succinato. Esse defeito forneceu uma inesperada vantagem. Mutantes selecionados para um crescimento melhor num meio contendo succinato e histidina foram encontrados incluir alguns que produziam histidase e urocanase constitutivamente. Essa seleção de mutantes reguladores depende de diferenças nas taxas de crescimento de linhagens induzíveis e constitutivas que carregam defeitos de permeabilidade. Na linhagem constitutiva, a histidina é convertida rapidamente em urocanato assim que é removida do "pool" interno e a entrada da histidina do meio externo é portanto facilitada. O crescimento residual da linhagem induzível pode ser reduzido pela incubação a 43°C ao invés de 37°C e o mesmo efeito foi conseguido quando a concentração de succinato foi aumentada de 1 a 2 por cento. Essas modificações menores e não específicas aumentaram a pressão seletiva e tornou mais fácil para isolar e identificar mutantes constitutivos. Esses achados sugerem que mutantes constitutivos para outras vias intermediárias podem ser isolados via mutantes defectivos de permease mas para a via degradativa da histidina um elemento essencial foi o fato de que o indutor não era o substrato mas sim o produto da primeira enzima.

REFERÊNCIAS

1. Betz, J.L.; Brown, P.R.; Smith, J.M. & Clarke, P.H., 1974. Evolution in action. *Nature*, 247: 261-264.
2. Buttin, G., 1963. Mécanismes régulateurs dans la biosynthèse des enzymes du métabolisme du galactose chez *Escherichia coli* K12. 1. La biosynthèse induite de la galactokinase et l'induction simultanée de la séquence enzymatique. *J. Mol. Biol.*, 7 (2): 164-182.
3. Clarke, P.H., 1974. In "Evolution in the microbial world" (Ed. M.J. Carlile and J.J. Skehel) p. 183. Soc. Gen. Microbiol., Symposium 24. Cambridge University Press, Londres.
4. Emmer, M.; Crombrughe, B.; Pastam, I. & Perlman, R. 1970. Cyclic AMP receptor protein of *E. coli*: Its role in the synthesis of inducible



Girua 1. Via intermediária da degradação da histidina pela *Pseudomonas aeruginosa*

- enzyme. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 66: 480-487.
5. Cohen, G. & Jacob, F., 1959. Sur la repression de la synthese de enzymes intervenant dans la formation du tryptophane chez *Escherichia coli*. *C. R. Seanc. Acad. Sci. Paris*, 248: 3490-3492.
 6. Englesberg, E.; IRR, J.; Power, J. & Lee, N., 1965. Positive control of enzyme synthesis by gene C in the L-arabinose system. *J. Bacteriol.*, 90(4): 946-957.
 7. Francis, J.C. & Hansche, P.E., 1972. Directed evolution of metabolic pathway in microbial populations. I. Modification of the acid phosphatase pH optimum in *S.cerevisiae*. *Genetics*, 80 (1): 59-73.
 8. Hegeman, G.D., 1966. Synthesis of the enzymes of the mandelate pathway by *Pseudomonas putida*. III. Isolation and properties of constitutive mutants. *J.Bacteriol.*, 91(3): 1161-1167.
 9. Hartley, B.S.; Burleigh, B.D.; Midwinter, G.G.; Moore, C.H.; Morris, H.R.; Rigby, P.W.J.; Smith, M.J. and Taylor, S. S., 1972. "Enzymes: structure and function" (Ed.J. Dreuth, R.A. Oosterbaan and C. Veegar), vol. 29, p. 151, 8th FEBs meeting. North Holland, Amsterdam.
 10. Hartley, B.S., 1974. In "Evolution in the microbial world" (Ed. M.J. Carlile and J.J. Skehel), p.151. Soc. Gen. Microbiol. Cambridge University Press, Londres.
 11. Horiuchi, T.; Tomizawa, J. & A. Novick, 1962. Isolation and properties of bacteria capable of high rates of galactosidase synthesis. *Biochim. Biophys. Acta.* 55: 152-163.
 12. Jacob, F. and Monod, J., 1970. In "The lactose operon" (Eds. J.R. Beckwith and D. Zipser), p. 2. Cold Spring Harbor Laboratory, Nova York.
 13. Lessie, T.G. & Neidhardt, F.G., 1967. Formation and operation of the histidine-degrading pathway in *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Bacteriol.*, 93(6): 1800-1810.
 14. Umbarger, H.E., 1971. Metabolite analogs as genetic and biochemical probes. *Advanc. Genet.*, 16: 119-140.

Produção de xilanase por mutantes de *Rhizopus*, induzidos por luz ultravioleta

HILARY C. DE MENEZES, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP.

ABSTRACT. *The production of xylanase by mutants of a Rhizopus sp. A Rhizopus sp., capable of producing the enzyme xylanase, was isolated from the soil. Using U. V. light, mutants of the fungus were produced, in the expectation of obtaining some mutants with increased production of xylanase. Of the 33 auxotrophic mutants isolated, the most efficient producer of xylanase produced six times that of the wild-type.*

RESUMO. Um *Rhizopus sp.*, produtor da enzima xilanase, foi isolado do solo. Com o objetivo de aumentar a produção da xilanase, mutantes do fungo foram produzidos usando-se luz ultravioleta como agente mutagênico. Dos 33 mutantes auxotróficos isolados, o maior acréscimo em atividade de xilanase em relação a linhagem selvagem foi de 600%.

INTRODUÇÃO

A xilanase é uma das enzimas envolvidas na conversão de xilano em xilitol, como mostra a Figura 1.

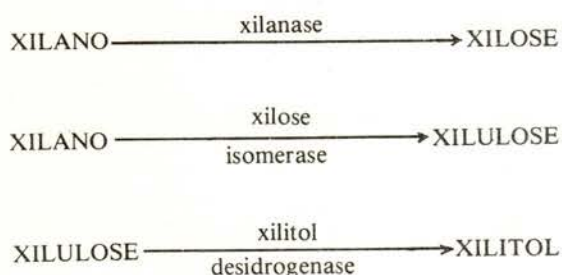


Figura 1. A conversão enzimática de xilano em xilitol.

A enzima xilanase é provavelmente uma mistura de duas frações, a primeira é a endoxilanase, que converte o xilano em oligosacarídeos, e em seguida a β xilosidase converte estes oligosacarídeos em xilose.

O xilitol é uma pentose alcólica, mais doce que a sacarose, e ocorre naturalmente no corpo. Sendo mais doce que a sacarose, pode ser usado em regime de baixo teor calórico, e por ocorrer naturalmente no corpo, não há problema de rejeição.

Uma importante aplicação do xilitol é na

dieta de diabéticos, onde além de adoçante, pode ser usado como fonte de energia. O xilitol entra na via D-glucuronatogulonato, sendo convertido em D-xilulose-5-P. (Figura 2).

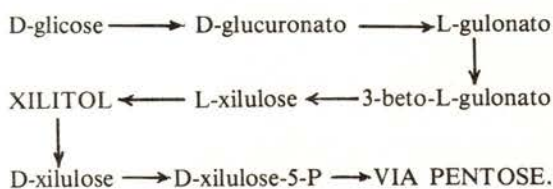


Figura 2. A via D-glucuronato: L-gulonato

O D-xilulose-5-P entra na via pentose, onde fica convertido em glicose-6-P, isto dentro da célula humana (Figura 3) (3,6).

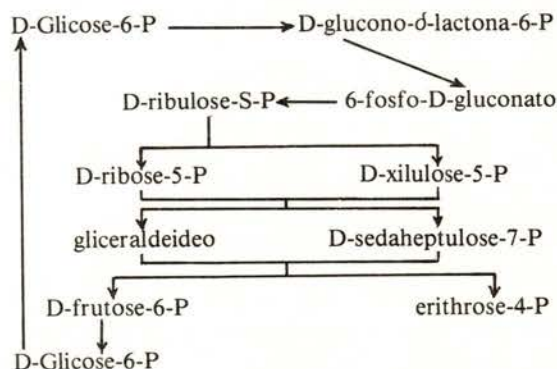


Figura 3. A via pentose.

O problema do diabético é que na ausência de insulina, a glicose formada pela hidrólise de sacarose não pode ser convertida em glicose-6-P (5) e transportada dentro da célula, e por isso se acumula no sangue, e é eliminada na urina (2). Substituindo-se então a sacarose pelo xilitol, resolver-se-iam esses dois problemas, isto é, poder-se-ia produzir a glicose-6-P como fonte de energia dentro da célula sem ocorrer o acúmulo de glicose no sangue. Evidentemente a dieta da pessoa diabética teria que ser isenta de sacarose e glicose, evitando-se assim o acúmulo de glicose.

Na primeira etapa deste trabalho, foram isolados microrganismos do solo, madeira e resíduos contendo xilano, usando-se um meio contendo xilano como fonte única de carbono. Após isolamento e purificação, os organismos foram examinados para sua produção de xilanase, usando-se farelo de trigo como substrato. O melhor produtor foi identificado como sendo um *Rhizopus sp.* Entretanto, a produção de xilanase não foi muito elevada com essa linhagem motivo pelo qual foi tentado um aumento dessa atividade pela obtenção de mutantes usando luz ultravioleta como agente mutagênico.

MÉTODOS E MATERIAIS

Meio para a produção das enzimas: O meio foi constituído de 7g de farelo de trigo, 0,1g de extrato de levedura, 1g de CaCO_3 , em 100ml de água (4).

Cultivo do fungo: O fungo (*Rhizopus sp.*) foi inoculado em 100 ml do meio contendo farelo de trigo, e agitado (agitador rotativo) a 30°C durante 10 dias, ensaiando-se a atividade de xilanase diariamente.

Testes para a atividade de xilanase: As culturas foram centrifugadas, e 1 ml do sobrenadante foi incubado com 2,5ml de xilano de madeira a 1% e 2,5 ml de tampão acetato 0,066M pH4, durante 15 minutos a 50°C. As quantidades de açúcar nos tempos de zero minuto e 15 minutos foram determinadas pelo método de ácido dinitrossalicílico (7). O aumento em açúcar redutor durante os 15 minutos de incubação dá uma medida da atividade do filtrado em degradar xilano (4). Uma unidade de xilanase foi definida como sendo aquela que produz 1 mg de xilose em 15 minutos a 50°C sob as condições do teste.

Produção de mutantes: A partir de uma cultura de 96 horas mantida a 30°C foram preparadas

suspensões dos esporos em tween 80 (0,1% vv.). Após determinação da concentração dos esporos, foram feitas diluições para 3000/ml, 300/ml, e 30/ml. Em cada diluição, alíquotas de 1 ml foram irradiadas durante 0 a 15 minutos com luz ultravioleta (2537 Å). Depois de permanecer no escuro durante 2 horas, as culturas irradiadas foram semeadas em meio completo e incubadas a 37°C durante 24 horas. Após contagem, foram selecionadas colônias isoladas e semeadas em meio mínimo, incubando a 37°C/48 horas. Os mutantes (os que não cresceram) foram transferidos para meio completo, e após desenvolvimento a 30°C durante 96 horas, foram ensaiados para sua atividade em produzir xilanase (1).

Meio completo: O meio completo apresentava a seguinte composição: caldo de batata — 20 ml; peptona — 0,625g; extrato de carne — 0,375g; desoxicolato de sódio — 0,16g; ágar-ágar — 1,5g; xilano — 1,0g; água — 80ml.

Meio mínimo: O meio mínimo teve a seguinte composição: xilano — 1g; ágar-ágar — 1,5g; NaNO_3 — 0,6g; KCl — 0,15g; MgSO_4 — 0,05g; KH_2PO_4 — 0,15g; Tiamina — 0,2mg; FeSO_4 — traços; ZnSO_4 — traços; CaSO_4 — traços; água — 100ml.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta a sobrevivência em função do tempo de irradiação com luz ultravioleta. Com 15 minutos de exposição foi obtida uma porcentagem de sobrevivência entre 7-8%. Como esperado o decréscimo foi exponencial. O gráfico apresentado foi obtido com uma diluição de 300 esporos/ml, mas os mesmos resultados foram obtidos tanto com diluições de 300 esporos/ml, como com diluições de 30 esporos/ml. Concentrações maiores (3000 esporos/ml) deram número excessivo de colônias, mesmo com adição de 0,16% de desoxicolato de sódio. Maiores concentrações deste sal inibiram o crescimento do fungo. Assim, após tratamento (15 minutos de irradiação) foram isolados 33 mutantes auxotróficos do *Rhizopus sp.* Destes, 28 apresentaram atividades abaixo de 3 unidades/ml, 3 apresentaram 3 unidades/ml, 1 apresentou 5 unidades/ml e 1 apresentou atividade de 6 unidades/ml. Este último, apresentou então um acréscimo de atividade de 600%, em relação a linhagem selvagem que produzia apenas 1 unidade/ml.

É interessante notar, também, que o tempo de incubação para obtenção da atividade

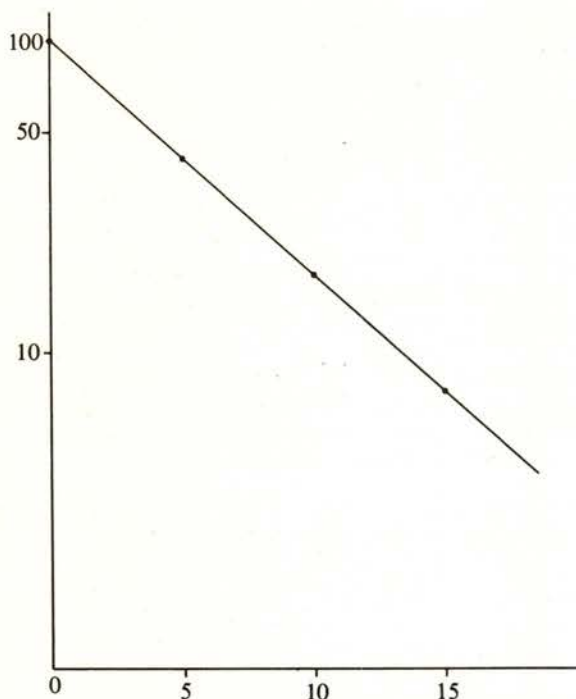


Figura 4. Curva de sobrevivência de *Rhizopus* sp. (luz ultravioleta).

máxima da enzima diminuiu. O tipo selvagem mostrava produção máxima de xilanase depois de dez dias de incubação, enquanto o melhor dos mutantes apresentava produção máxima no sexto dia de incubação. Do ponto de vista econômico, isto também seria uma vantagem. As necessidades nutricionais destes mutantes estão sendo determinadas.

É interessante comparar estes resultados com pesquisas semelhantes feitas com as enzimas invertase, celulase e glucoamilase. Invertase e glucoamilase são derepressíveis, isto é, elas são produzidas mesmo na ausência dos seus substratos. A celulase, ao contrário, é uma enzima induzível, sendo produzida em quantidades altas, apenas na presença do seu substrato.

Tem sido mostrado que é relativamente fácil obter mutantes de *Neurospora* sp que

produzem até 20 vezes mais invertase e glucoamilase que o tipo selvagem. Contudo, foram obtidos mutantes de *Trichoderma* sp que produziram apenas 3 ou 4 vezes mais celulase que o tipo selvagem. Tem sido sugerido que uma das razões para esta diferença observada seja devido ao fato de que a produção de invertase e glucoamilase continua depois do esgotamento da fonte de carbono do meio de produção, enquanto que a produção de celulase não. Ademais a quantidade de enzima necessária para hidrolisar amido ou sacarose é relativamente pequena se comparada com a quantidade necessária para hidrolisar celulase. Então é possível que a quantidade de celulose no meio, limite a produção de celulase.

Os resultados obtidos indicam que a produção de xilanase por *Rhizopus* sp é também induzível, e que a quantidade de enzima necessária para hidrolisar o xilano seria relativamente elevada.

REFERÊNCIAS

1. Azevedo, J.L. & Costa, S.O.P. 1973. *Exercícios práticos de genética*, p. 147-161, Editora da Univ. São Paulo.
2. Beaton, G.H. & Mc Henry, E.W. (eds) 1964. *Nutrition*. A comprehensive treatise, Vol. I, p. 53-59, Academic Press, Nova York.
3. Conn, E.E. & Stumpf, P.K. 1967. *Outlines of biochemistry*. 2nd, pág. 230-239, John Wiley e Sons. Inc., Nova York.
4. Kawaminani, T. & Iizuka, H.J. 1970. Studies on xylanase from microorganisms. IV: Action of xylanase of *Chaetomium trilobate* strain n.º 2264 upon xylan. *J. Ferment Technol.* 48, 161-168.
5. Krahl, M.E., 1961. The action of insulin on cells. p. 54-57, Academic Press, Nova York.
6. Mahler, H.R. & Cordes, E.H., 1966. *Biological chemistry*. p. 448-460. A Harper International Edition, Nova York.
7. Somner, J.B., 1924. The estimation of sugar in diabetic urine using dinitrosalicylic acid. *J. Biol. Chem.* 62, 287-290.

Eletroforese em géis de poliacrilamida¹

ROMEU CARDOSO GUIMARÃES, Departamento de Genética, FCMBBP-UNESP, Caixa Postal 102, Botucatu, 18600, São Paulo

ABSTRACT. A brief review of the basic characteristics of polyacrylamide gel electrophoresis and its main applications in biology and biochemistry is made. The more practical aspects and routine uses are emphasized, specially for characterization and fractionation of proteins and ribonucleic acids.

RESUMO. As características fundamentais da eletroforese em géis de poliacrilamida e suas principais aplicações em biologia e bioquímica são brevemente revistas. Especial atenção é dada aos seus aspectos mais práticos e rotineiros, para caracterização e fracionamento de proteínas e de ácidos ribonucléicos.

Vários métodos eletroforéticos são usados em estudos bioquímicos e físico-químicos, para caracterização e fracionamento moleculares. Os meios de migração das moléculas no campo elétrico podem ser inteiramente líquidos (eletroforese livre) ou em suportes (sólidos ou géis). O uso dos géis de poliacrilamida foi introduzido há cerca de 15 anos e se mostrou um dos tipos de suportes mais versáteis. Sua principal qualidade é a de combinar as capacidades fracionadoras da eletroforese livre, fundamentalmente dependente da soma algébrica das cargas eletrostáticas da molécula (carga elétrica líquida), e da filtração molecular, dependente das dimensões das moléculas e das malhas do gel. A minimização da eletrosmose é outra qualidade importante. As duas variáveis descritas acima podem ser manipuladas pelo uso de diversos sistemas de tampões e de géis de tamanhos de poros diferentes, adequados a cada problema específico.

Neste trabalho, apresentaremos, sumariamente, as características fundamentais da eletroforese em géis de poliacrilamida e suas aplicações principais em biologia e bioquímica. O assunto é muito vasto e os detalhes metodológicos para cada uso particular deverão ser procurados na bibliografia especializada. En-

fase maior será dada a alguns aspectos mais práticos e rotineiros dos métodos para determinação dos pesos moleculares e fracionamento de proteínas e de ácidos nucleicos.

Comparado a outros métodos comuns de fracionamento molecular esses géis são vantajosos também quanto à sensibilidade e alto poder de resolução, combinados a economia e simplicidade. Devidamente utilizado, o método preserva a atividade bioquímica e biológica do material fracionado e pode se tornar praticamente auto-suficiente. Os limites de quantidade do material a ser corrido são também amplos, desde o nível de microgramas até o de miligramas ou, com aparelhagem especial, desde picogramas (microeletroforese em capilares) até gramas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GÉIS DE POLIACRILAMIDA

As moléculas de acrilamida monomérica são postas a polimerizarem-se em mistura com pequena quantidade de N,N'-metileno bis-acrilamida, sob a ação iniciadora catalítica do íon persulfato, ativado pela amina terciária N,N,N',N'-tetrametil etilenodiamina (TEMED) (Fig.1). Outros sistemas de iniciadores são também usados.

O polímero de acrilamida forma longas moléculas lineares mas a incorporação, em intervalos regulares, da bis-acrilamida, introduz ligações cruzadas entre os polímeros. As distâncias entre as ligações cruzadas são determinadas pela concentração da bis(%C), em relação à quantidade total de monômeros (%T,

* Simpósio realizado em Brasília, julho de 1976, durante a 28.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

1. Agradecemos orientação e colaboração do Prof. David P. Bloch e sugestões dos Profs. Francisco J. S. Lara e Pedro H. Lucchiari; CNPq (SIP/08-070), FAPESP (76/418).

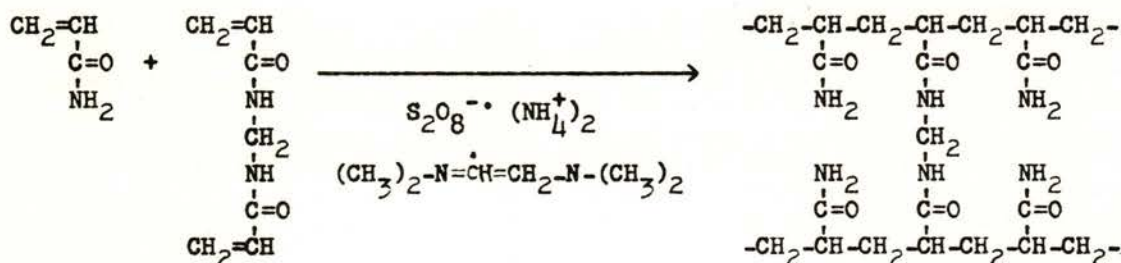


Fig. 1. Formação do gel de poliacrilamida. Os reagentes são os monômero (acrilamida) e os co-monômeros (bis-acrilamida), e os iniciadores, persulfato de amônia e TEMED, resultando no polímero com ligações cruzadas.

também chamado de concentração do gel). Na prática, usa-se um %C constante e baixo, ao nível de até 5% (5g bis/95g acrilamida), que dá menores tamanhos de poros em quaisquer %T. Nessas condições, as fibras de polímeros lineares livres são longas e finas (~1 nm.). Géis contendo %C elevados são opacos e têm fibras curtas e espessas (~3 nm). Os tamanhos de poros desejados são obtidos por simples ajuste do %T (g acrilamida + bis/100 ml). Os raios medianos dos poros podem ir desde < 0,5 nm (géis de concentração > 20%) até > 3 nm (géis de %T < 3), com capacidades separadoras desde o nível de oligo-nucleotídeos e -peptídios até o das maiores proteínas e RNAs conhecidos (pesos moleculares > 10⁶). Observe-se que a conotação de "poros" é operacional e que estes, na verdade, devem ser constituídos de um emaranhado bastante elástico de fibras.

ALGUNS CUIDADOS ESPECIAIS

Os monômeros de acrilamida e bis, em pó ou em solução, são altamente neurotóxicos e não devem ser inalados ou entrar em contato direto com a pele ou mucosas. O polímero é inerte.

Os monômeros são muito reativos e os materiais de laboratório que entram em contato com eles devem ser bem enxaguados, logo após o uso, para evitar contaminações acidentais e a polimerização em locais indesejados. A remoção química do polímero é difícil.

A vidraria e moldes de polimerização podem ser desengordurados em detergentes, mas o tratamento por bicromato de potássio a 10% em ácido sulfúrico é mais adequado. Ribonucleases são muito resistentes e tendem a aderir à vidraria; sua destruição pode ser conseguida por autoclavagem.

As soluções para polimerização devem ser livres de gases, especialmente oxigênio atmos-

férico (inibidor), recomendando-se colocá-las sob vácuo por alguns minutos, antes do uso.

A reação de polimerização é exotérmica e depende da temperatura, de modo que variações desta podem causar problemas de reprodutibilidade dos tamanhos dos poros. Géis polimerizados podem ser estocados para uso posterior, protegidos contra dessecação, em geladeira, por até uma semana.

Uma pequena corrida inicial, antes da aplicação da amostra (pré-eletroforese) é, muitas vezes, conveniente, para 1) impedir reações entre resíduos da polimerização e componentes da amostra e 2) introduzir dentro do gel o tampão do reservatório do lado da origem da corrida, quando esse é diferente do tampão de polimerização. Quando se usa gel espaçador, não se faz a pré-eletroforese.

O emprego de reagentes impuros pode levar a irregularidades nos tamanhos dos poros, especialmente nas porções terminais dos géis, menor reprodutibilidade dos tamanhos de poros ou prejudicar a espectrofotometria de varredura à luz ultravioleta após a corrida. O persulfato deve ser dissolvido logo antes do uso. O primeiro problema pode também advir de distorção mecânica no extremo inferior dos géis ou diluição da porção superior dos géis pela água que lhes é sobreposta (para evitar formação de menisco) ou por efeitos de oxigênio atmosférico contaminante. As pontas dos géis podem ser cortadas, para uso somente das porções mais internas.

Os métodos de purificação de vários reagentes já estão descritos na literatura: recristalização de solução em CHCl₃, para acrilamida; em acetona, para bis; em etanol, para dodecil sulfato de sódio (SDS); precipitação etanólica de solução em formamida, para agarose; e redistilação sob vácuo, para TEMED.

A separação máxima e a resolução ótima das faixas dependem muito de aplicação adequada da amostra, para obtenção de faixas retas e estreitas. Os melhores resultados são obtidos com o uso de géis de poros largos (gel espaçador e gel da amostra) antes do gel de separação. Estes não fracionam os componentes da amostra mas funcionam como suportes anti-convecção e para concentração rápida do material em camada fina (disco) na superfície do gel de separação. Efeitos semelhantes ("stacking") são obtidos com o uso de descontinuidades nos sistemas tampões. O método mais usado, no entanto, é o de se conferir maior densidade à amostra pela adição de sacarose em concentração mínima de 5%, ou glicerol, e aplicá-la, em pequeno volume, cuidadosamente, sobre o gel de separação, sob o tampão. Géis em placas horizontais não têm esses problemas, desde que a amostra é depositada em fenda estreita, modelada ou escavada no gel de separação.

TIPOS DE CORRIDAS

Os géis de poliacrilamida podem ser polimerizados dentro de tubos, para corridas verticais, ou dentro de formas retangulares, para corridas verticais ou horizontais. Nos dois extremos, anódico e catódico, o gel é contínuo com soluções tampões, por contato direto ou através de papel de filtro. As câmaras podem ser de vidro, plástico ou tubos de quartzo (transparentes à luz ultravioleta, para varredura direta). Separações analíticas rotineiras são feitas em tubos de vidro de 5-6 mm de diâmetro interno e 6 cm (até 20 cm) de comprimento. Esse calibre pode ser aumentado de acordo com a quantidade de material a ser fracionado (capacidade máxima do gel: 1 mg/cm² transversal). Com o uso de placas, pode-se correr, concomitantemente, grande número de amostras em um único gel ou variar à vontade a quantidade de amostra a fracionar.

A recuperação do material fracionado, no estado nativo, pode ser feita após a corrida, por difusão simples de um fragmento do gel para volume maior de tampão, com ou sem maceração mecânica do gel. Durante uma corrida prolongada, as faixas podem atravessar todo o gel e cair em uma câmara de onde frações podem ser coletadas (corrida preparativa).

Separações mais complexas são feitas em: 1) géis complexos: uma única corrida pode ter seu alcance de pesos moleculares separáveis aumentado pelo uso de géis com gradientes de

tamanhos de poros. As porções superiores dos géis são menos concentradas que as inferiores, em graduação contínua ou descontínua. 2) corridas bidimensionais: duas corridas são feitas, em direções transversais uma à outra. Moléculas diferentes que migram na mesma faixa na primeira direção podem ser separadas na segunda corrida. Pelo menos uma variável deve ser diferente nesta: o mesmo gel em placa pode ser usado (rotação de 90°, eletroforese ortogonal), variando o sistema de tampões, ou o primeiro gel (cilíndrico ou segmento de placa) pode ser incorporado a outra placa de tamanho de poros diferentes e/ou em sistema de tampões diferentes.

SISTEMAS DE TAMPÕES

Somente as moléculas cujos pontos isoeletrônicos diferem do *pH* do tampão migram em um campo elétrico. Nesta condição, sua carga elétrica líquida é um dos fatores que determinam a direção e a velocidade da migração. Variações do *pH* do tampão importam em alteração da carga elétrica molecular líquida. As espécies moleculares que diferem nesse respeito podem ser fracionadas.

A *força iônica* do tampão determina a carga elétrica efetiva e modifica a conformação tridimensional das moléculas. Maior aquela, mais compactas e rapidamente migrantes são as moléculas. A migração através dos poros de poliacrilamida com baixo %C depende mais da área de superfície do que do volume das moléculas.

O sistema tampão pode ser único, igual em todos os compartimentos, dentro, acima e abaixo do gel (sistema monofásico ou contínuo). Diferença de *pH* é logo obtida, por efeito da corrente elétrica, acima e abaixo da frente de migração. O emprego de sistemas tampões multifásicos ou descontínuos amplia as alternativas para obtenção de fracionamentos por diferenças de cargas eletrostáticas.

As possibilidades de modificações especiais nos sistemas tampões são inúmeras, indo desde a simples adição de agentes facilitadores do congelamento e seccionamento dos géis (glicerol) até a sua substituição por meio não aquoso (formamida, usada para separar agregados de RNAs). Aditivos importantes são os que alteram a carga eletrostática líquida das moléculas (detergentes iônicos como o SDS), interagem com sítios hidrofóbicos das moléculas sem lhes modificar a carga eletrostática

(detergentes não iônicos como o tritão X-100), alteram a conformação e reduzem interações moleculares (uréia), dissociam as ligações -S-S- (ditiotretol, 2-mercaptoetanol), previnem interações moleculares com cátions divalentes e metais pesados (quelantes como o EDTA), etc.

MARCADORES

O andamento de uma corrida pode ser acompanhado pela observação direta da frente de migração do tampão superior (interface entre os íons frontais e os acompanhantes) ou das faixas de migração das espécies moleculares separadas e concentradas, visíveis por diferenças de refração.

Mais fácil é, no entanto, adicionar uma ou várias substâncias coradas, de baixo peso molecular, à amostra. Estas têm, ainda, a utilidade indispensável de servirem de fáceis pontos de referência, marcadores constantes, na comparação de géis ou corridas diferentes e para medir a migração relativa de cada componente de um fracionamento. Após a corrida, elas podem ser eluídas dos géis por difusão em lavagens simples. Mede-se o comprimento total do gel e a distância migrada pelo marcador. Os géis podem variar de comprimento dentro e fora das formas e com os variados graus de embebição em soluções diferentes (fixação, coloração, etc.). A migração de cada faixa separada será descrita em relação à posição (1 ou 100) do marcador (mobilidade relativa, R_f).

Baterias de marcadores corados já estão descritas na literatura, com amplas possibilidades de escolha para cada finalidade particular. Os mais úteis são os de migração rápida em relação às proteínas e aos RNAs, porque servem também para indicar o fim de uma corrida, quando o marcador se aproxima do fim do gel ou atinge a distância desejada. Os corantes de migração catódica mais comuns são: verde de metil, pironina e azul de metileno (0,025% na amostra). O de migração anódica mais usado é o azul de bromofenol. Este acompanha de perto os tRNAs nos géis menos concentrados mas já é mais rápido em géis de 4%; alguns polipeptídeos, nos fracionamentos rotineiros, o ultrapassam, dependendo, também, da concentração dos géis e do tempo da corrida.

Os marcadores mais adequados devem ser, sempre que possível, moléculas de mesmo tipo que as em estudo. Podem ser corridos em géis paralelos (marcadores externos) ou no mesmo

gel (marcadores internos, misturados à amostra, em co-eletroforese). São espécies moleculares padrões, de propriedades já conhecidas também por outros métodos. Os R_f destas devem ser diretamente comparáveis aos da amostra em estudo. Os mais empregados para RNAs de preparações biológicas rotineiras são os RNAs ribossômicos e os de transferência. Os polipeptídeos de uso mais comum alcançam pesos moleculares desde o da insulina (5733 d) até o da cadeia pesada da miosina (200000 d).

REVELAÇÃO E PROCESSAMENTO

As faixas separadas podem ser detectadas nos géis íntegros ou em fatias deles. O seccionamento pode ser longitudinal, no sentido da corrida, permitindo o tratamento diferente de cada fatia e a comparação da totalidade do gel quanto a cada tratamento. O seccionamento transversal ao sentido da corrida isola as diferentes faixas separadas para os tratamentos posteriores. Os seccionadores são de fácil construção, utilizando lâminas como as de barbeadores ou fios de aço esticados, montados paralelamente, em série.

Deteção de ácidos nucléicos—espectrofotometria de varredura ao longo de todo o gel: à luz ultravioleta de 260nm; à luz visível após coloração. O corante mais sensível e de uso mais comum é o azul de metileno. Por fluorescência: de brometo de etídio (para DNA) ou de laranja de acridina, que emite comprimentos de onda diferentes ao se ligar a ácidos nucléicos de fitas simples ou em duplas hélices. Os RNAs são instáveis e as bandas não duram mais que duas semanas nos géis.

Deteção de proteínas — a espectrofotometria à luz ultravioleta (280 nm) é menos sensível que à luz visível, após coloração. A fixação em metanol é muito usada mas torna os géis mais curtos. A coloração pelo negro de amido é muito usada, mas o azul de coomassie é mais sensível e não produz metacromasia. A diferenciação por difusão em água com fixador é lenta, mas é rápida por eletroforese transversal do corante. As bandas são estáveis nos géis por vários meses.

Radicais glucídicos neutros (contendo grupos dióis) de glicoproteínas são detectados pelo reagente fucsínico de Schiff após oxidação pelo ácido periódico e os radicais ácidos e os mucopolissacarídeos ácidos podem ser corados

pelo azul de alcian ou pelo azul de toluidina (metacromasia). Lipoproteínas são coráveis por pigmentos lipossolúveis: sudão negro, es-carlate R. Reações imunológicas podem ser realizadas na superfície de secções ou por imunodifusão das faixas separadas para fora dos géis, em outro suporte. Reações enzimáticas são feitas no interior dos géis (corridas podem ser feitas a baixas temperaturas) quando substratos de baixo peso molecular são postos a difundir do tampão para dentro dos géis ou já estão incluídos e fixados nos géis durante a polimerização. Todas as faixas tornadas visíveis podem ser fotografadas e a densitometria de transparências fotográficas é de execução prática.

Compostos radiativos são detectáveis diretamente em secções longitudinais de géis cilíndricos ou nas placas dessecadas sobre papel de filtro, por auto-radiografia, sensibilizando filmes de Raios X (úteis para ^{14}C ou ^{32}P). As imagens assim obtidas são diretamente superponíveis às de densidade óptica. Para detecção de ^3H a auto-radiografia deve ser intensificada por embebição do gel com o cintilador PPO, ou recorre-se à contagem de desintegrações por cintilação líquida. Secções transversais dos géis podem ser colocadas diretamente em soluções de cintiladores contendo trítio X-100 ou após solubilização do gel (H_2O_2 concentrado para os de bis, álcalis para os de etileno diacrilato) ou do RNA (álcali).

EMPREGO EM FÍSICO-QUÍMICA DE PROTEÍNAS

Este não tem sido o uso mais comum e rotineiro dos géis de poliácridamida. A partir dos R_f de uma substância, medidos em géis de diferentes %T, obtém-se uma linha de regressão (gráfico de Ferguson). O coeficiente angular da regressão (ou de retardamento, K_r) é uma medida do raio molecular mediano e do peso molecular. O coeficiente linear da regressão (R_f na intersecção, extrapolando para %T=0) é uma medida da mobilidade eletroforética livre e da valência da molécula, no sistema tampão usado. Estas estimativas serão válidas para as proteínas que conformam com o modelo teórico que as considera esféricas ou enovelados aleatórios (quando desnaturadas). Os K_r de agregados oligoméricos dependerão da estrutura quaternária dos complexos.

Em separações por "focalização" isoeletrica os géis de poliácridamida são usados meramente como suportes, de poros amplos,

para facilitar o processamento da coluna após a separação, precipitando-se as faixas *in situ*, e como meio anticonvecção, para estabilizar o gradiente de pH.

DETERMINAÇÃO DE PESOS MOLECULARES DE POLIPEPTÍDIOS

Fracionamentos podem ser feitos em extremos de pH. Os sistemas tampões de pH 4,3 e 9,5 se tornaram clássicos, para proteínas básicas e ácidas, respectivamente. Para histonas, usa-se tampão até de pH 2,9. Nesses sistemas, as proteínas estão ionizadas todas no mesmo sentido e migram somente em uma direção, reduzindo-se os efeitos do fracionamento por diferenças de carga líquida.

O método mais empregado atualmente é o de se complexar os polipeptídios com o detergente iônico SDS [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOSO}_3^- \text{Na}^+$]. Todos os polipeptídios adquirem densidades de cargas negativas altas e fixas. Nessas condições, o pH do tampão é irrelevante e a conformação hidrodinâmica dos polipeptídios será em cilindros ou novelos aleatórios, minimizando-se também agregações espúrias ou de subunidades e os efeitos de muitas outras variáveis. Estas separações serão, então, simples filtrações moleculares, impulsionadas pela eletroforese. Em geral, 1,4 g de SDS são ligados por 1 g de proteína (cerca de 1 molécula de SDS/2 resíduos de aminoácido). Algumas exceções existem, que podem conferir migração anômala, não proporcional ao peso molecular: 1) os radicais glucídicos de glicoproteínas e a presença de ligações cruzadas intra- ou intermoleculares (como as pontes -S-S-) reduzem a quantidade de SDS complexado, 2) moléculas primariamente com altas densidades de carga podem também ligar menos SDS ou terem mobilidade alterada por neutralização da carga negativa adicionada (como acontece com as histonas), 3) polipeptídios muito pequenos fogem da configuração geral cilíndrica e aproximam mais a forma esférica.

O tampão e o gel de separação têm 0,2% SDS e as proteínas da amostra são completamente dissociadas e desnaturadas em um mínimo de 3 vezes o seu peso de SDS, em solução a 1%, contendo também 1% de 2-mercaptoetanol, por 2 min a 100°C. Esta alta temperatura é conveniente também para degradar proteases, que são especialmente ativas contra proteínas desnaturadas. Os géis padrões são de 5 a 10%, para os mais variados fins rotineiros

(Fig. 2). Algumas separações especiais requerem géis de até 3 ou 20%. As formulações para esses géis são simples, sendo suficiente 2,7% C para quaisquer %T, com proporções constantes de iniciadores: 75 mg de persulfato de amônia e 0,15 ml de TEMED por 100 ml.

DETERMINAÇÃO DE PESOS MOLECULARES DE RNAs

A mobilidade dos RNAs em eletroforese livre não é linearmente proporcional aos pesos moleculares. Nos géis de agar ou de seu derivado purificado, agarose (concentrações usadas até 2%), a migração é proporcional aos pesos moleculares. No entanto, a caracterização físico-química desses géis é incompleta e a separação e a precisão da determinação dos pesos moleculares é menor. Esses géis de carboidratos são muito hidrofílicos, têm fibras espessas e poros maiores, e são úteis para separação dos maiores RNAs.

Os RNAs celulares são usualmente fracionados em géis de poliácridamida de 2,0 a 2,6%. Esses géis de baixa concentração são frágeis sendo, às vezes, necessário adicionar agarose (0,5%), para lhes conferir maior firmeza. Pode-se também usar anteparos mecânicos (telas de Nylon, membranas de diálise) no fundo de géis verticais frouxos, para evitar seu deslizamento. Géis de 3% excluem o RNA ribossômico de 28 S, os de 5% excluem o rRNA de 18 S, os de 7,5% excluem RNAs de 10 S (Fig. 4) e os de 20% são úteis somente para fragmentos de 1 a 100 nucleotídeos. Os iniciadores, nesses géis, são usados em concentrações de 0,033 g de persulfato de amônia e 0,033 ml de TEMED por grama de monômeros totais de acrilamida. Amostras ótimas para géis cilíndricos de 6 mm de diâmetro contêm aproximadamente 0,040 mg de RNA purificado. A purificação e manuseio destas devem ser muito cuidadosos, desde que os RNAs livres, fora dos complexos ribonucleoprotéicos nativos, são mais susceptíveis de degradação enzimática e são lábeis, mesmo quando conservados a baixas temperaturas.

Influência da conformação dos ácidos nucleicos — O tampão de uso mais corrente tem 0,036 M tris, 0,03 M NaH_2PO_4 , 0,001 M EDTA e 0,2% SDS, pH 8,0 a 25°C, ajustado com 1 N NaOH. Os RNAs, como os complexos SDS-proteínas, são moléculas de alta densidade de carga negativa intrínseca. O SDS é adicionado somente ao tampão dos reservatórios e

é introduzido no gel durante a pré-eletroforese. Sua função é somente de dissociar eventuais contaminantes proteicos das amostras, que podem agregar os RNAs ou degradá-los. O EDTA é adicionado como quelante de cations divalentes e de metais pesados, para impedir agregações intermoleculares, compactação das moléculas e alterações de carga eletrostática.

Tampões de menor força iônica devem ser evitados por possibilitarem expansão da conformação de RNAs pobres em GC (redução do R_f). Esta mesma fragilidade conformacional dos RNAs ricos em AU deve ser responsável pela alteração de mobilidade de RNAs mitocondriais ou de micoplasmas, quando corridos em temperaturas variando de 2 a 28°C. RNAs de maior conteúdo de GC são desnaturados em temperaturas mais elevadas. O rRNA 28 S, aquecido a 50°C por 10 min em solução de até 0,2 mg/ml em tampão de 0,01 M fosfato de sódio (pH 7,6) e resfriado rapidamente, sem reprecipitação, mostra, em géis, seus dois componentes de 27 S e 7 S. A pequena diferença entre o componente maior e o complexo íntegro, na sedimentação e na migração eletroforética, se deve a compensação entre redução do peso molecular e expansão da conformação. Expansão máxima e irreversível da conformação de ácidos nucleicos pode ser obtida pela reação destes, desnaturados termicamente, com HCHO (hidroximetilação de grupos $-\text{NH}_2$ das bases nucleotídicas; Fig. 4). Pequenos fragmentos de RNAs podem ser também fracionados em tampões ácidos contendo uréia 6 M.

Os estudos eletroforéticos de DNAs progrediram recentemente, com o emprego das DNases de restrição. Estas enzimas permitem a obtenção de fragmentos homogêneos, de pesos moleculares definidos. DNAs homogêneos maiores, até o nível de $2-3 \times 10^7$ d, como os de bacteriófagos, podem ser separados, em géis frouxos (até 0,2%) de agarose. Em tampões neutros ou alcalinos (fitas simples, dando zonas mais dispersas), as mobilidades são iguais. A relação entre peso molecular e mobilidade não é linear, exigindo o emprego de variedade maior de marcadores internos. Para minimizar artefatos ou efeitos de composição de bases, deve-se usar baixa voltagem e géis pouco concentrados.

Hibridização de ácidos nucleicos durante a eletroforese em géis. Estas duas técnicas de alta especificidade e precisão para caracterização de ácidos nucleicos podem ser combinadas. RNAs possuidores ou não de seqüências de poli (rA) já foram discriminados deste modo. Estes seg-

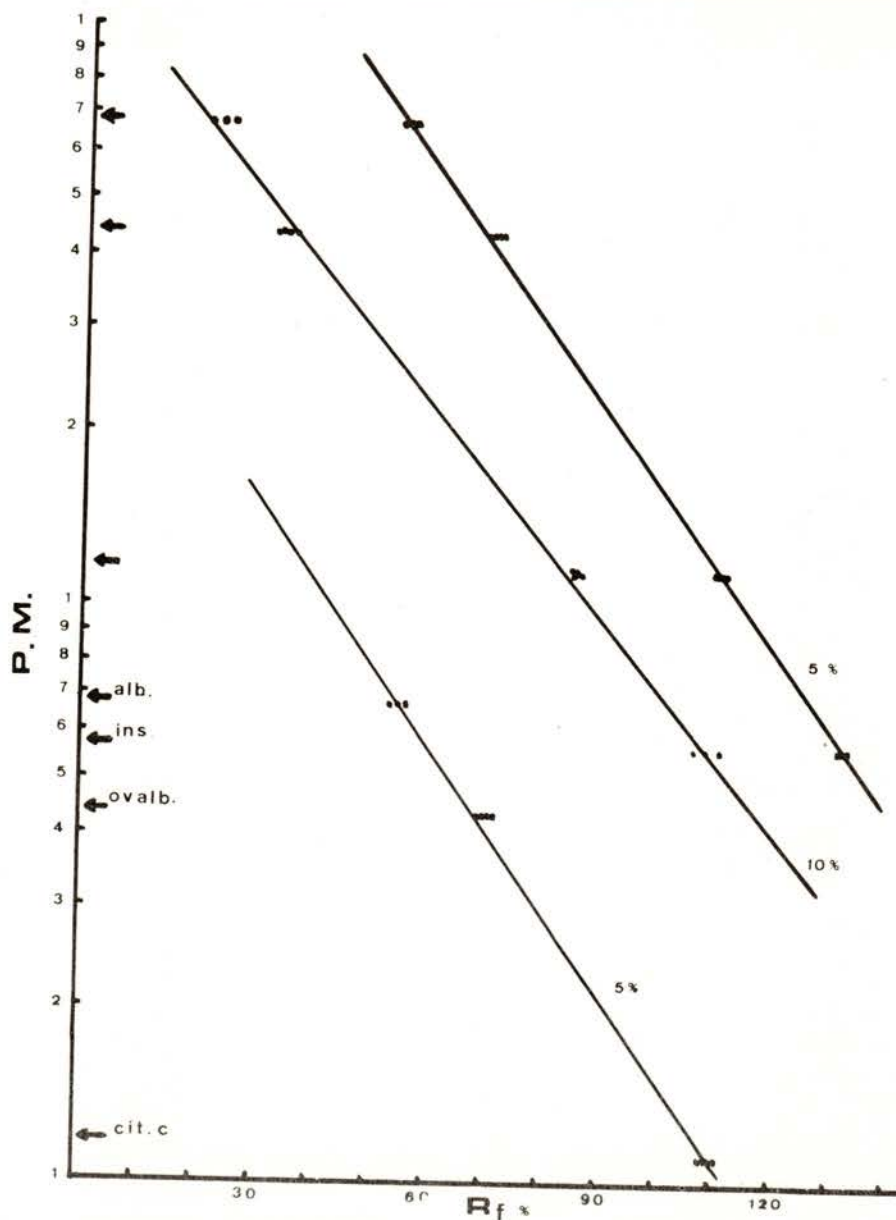
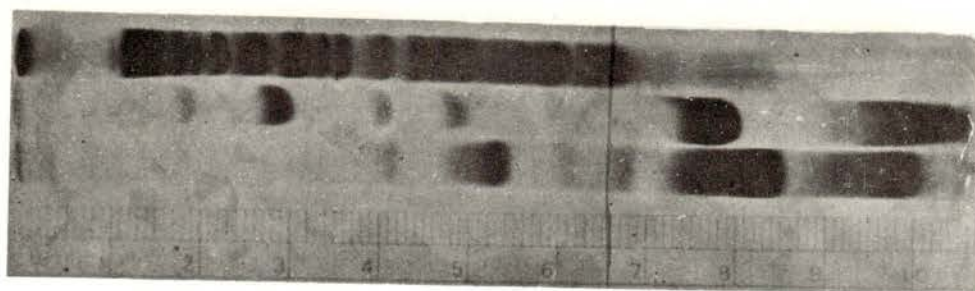


Fig. 2. Fracionamento das proteínas totais de preparações de microsomas do tumor ascítico de Ehrlich em gel de poliacrilamida (10%) — SDS. Os dois cilindros em baixo contêm somente marcadores (géis de 10% e 5%). O gráfico mostra a linearidade das relações entre os logaritmos dos pesos moleculares e as migrações relativas ao marcador azul de bromofenol. Os dois géis de 5% foram corridos por tempos diferentes. (Guimarães R. C., Bloch D. P., dados não publicados).

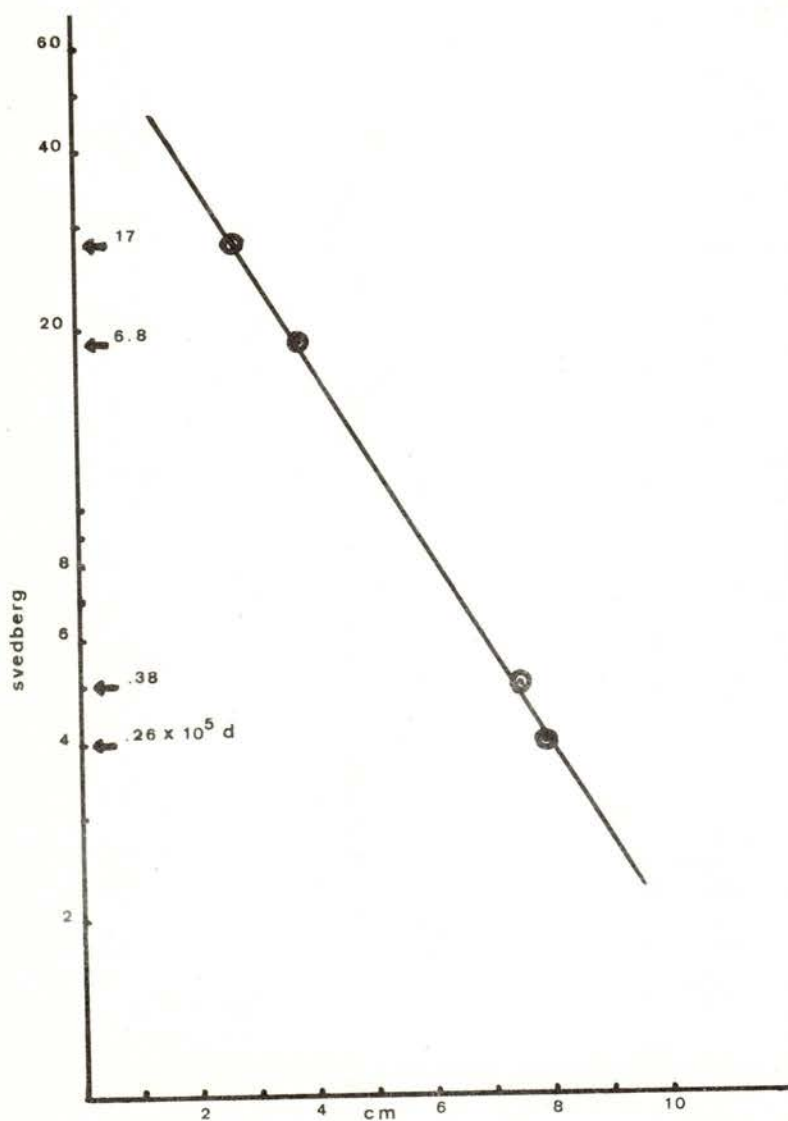
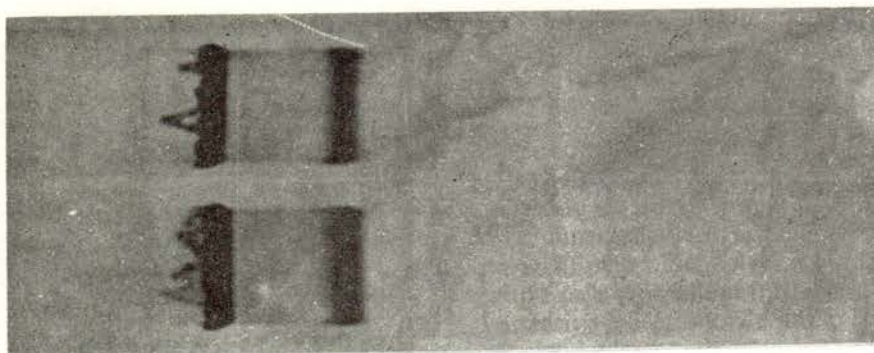


Fig. 3. Fracionamento de RNAs totais em preparações de microssomas do tumor ascítico de Ehrlich em géis de poliacrilamida-agarose (2% — 5%). O gráfico mostra a linearidade das relações entre os pesos moleculares (e os coeficientes de sedimentação) e as distâncias migradas. (Guimarães R. C., Bloch D. P., dados não publicados).

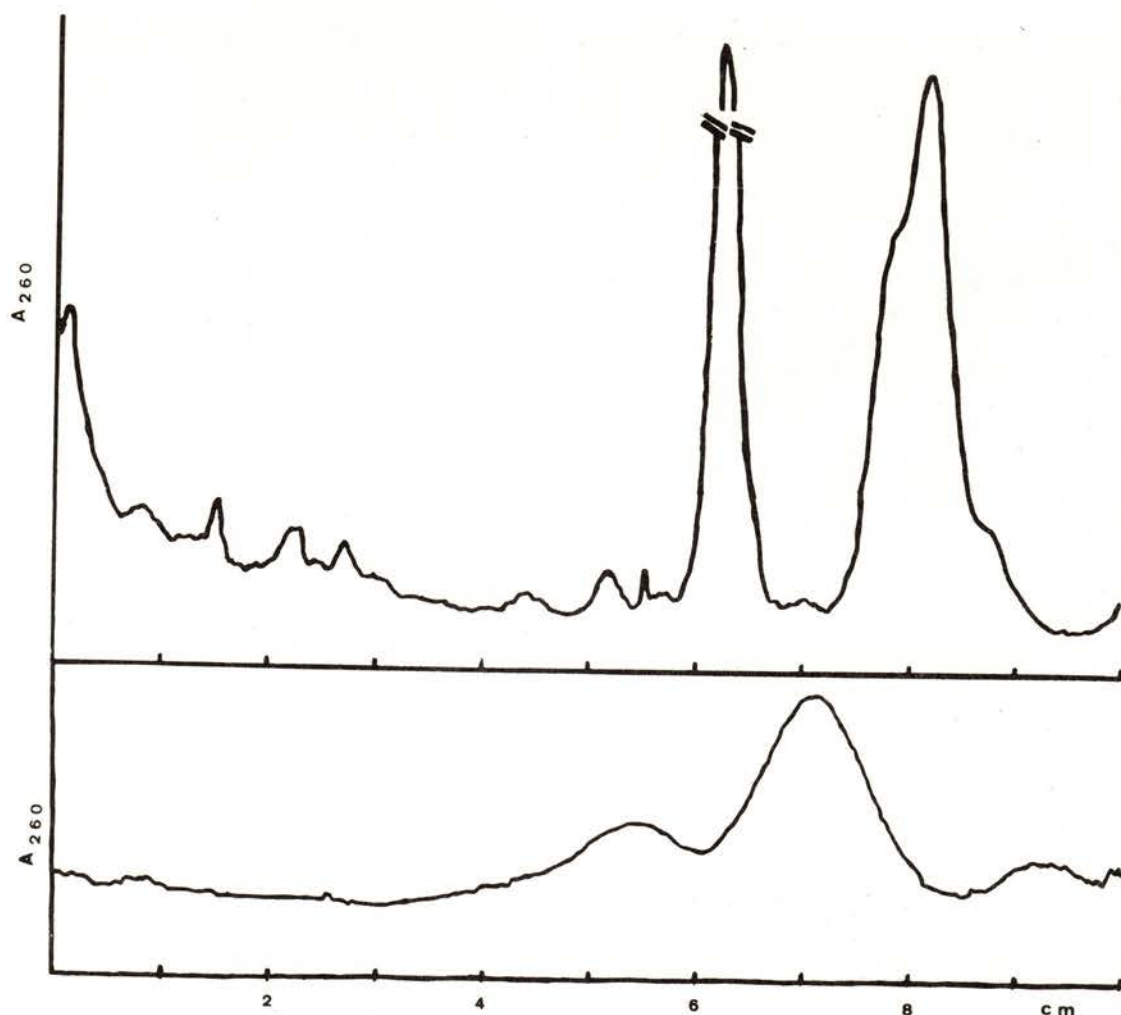


Fig. 4. Fracionamento de RNAs de baixo peso molecular de preparações de microsomas do tumor ascítico em Ehrlich em géis de poliacrilamida (7,2%). No gel inferior, os RNAs foram desnaturados e reagidos com HCHO. (Guimarães R. C., Bloch D. P., dados não publicados).

mentos de poli (rA) são característicos da maioria dos RNAs dos eucariotos. Os RNAs são fracionados quanto a peso molecular em uma dimensão. Faz-se corrida em segunda dimensão em géis de poros largos, em tampão de alta força iônica, favorecedor da hibridização. O RNA complementar, poli (rU), é fixado a um filtro de fibras de vidro que é incorporado ao segundo gel, no passo de migração dos RNAs. Os RNAs possuidores de poli (rA), ao se hibridizarem ao poli (rU) do filtro de fibras de vidro, ficam aí retidos. Esta hibridização é eficaz porque as seqüências nucleotídicas são muito simples. O método não foi ainda testado para todas as suas possíveis aplicações.

REFERÊNCIAS

- I. *Revisões de interesse geral*: 1) Chrambach A., Rodbard D.: Polyacrylamide Gel Electrophoresis. *Science* 172: 440-51 1971; 2) Maurer H. R.: Disc Electrophoresis and Related Techniques of Polyacrylamide Gel Electrophoresis. Walter de Gruyter, Berlin, 1971.
- II. *Determinação de pesos moleculares de SDS-proteínas*: 1) Weber K., Pringle J. R., Osborn M.: Measurement of Molecular Weights by Electrophoresis on SDS-Polyacrylamide Gels. *Meth. Enzymol.* 26: 3-27, 1972.
- III. *Eletroforese de RNAs*: 1) Caston J. D., Jones P. H.: Synthesis and Processing of High Molecular Weight RNA by Nuclei Isolated from Embryos of *Rana pipiens*. *J. Mol. Biol.* 69: 19-38, 1972; 2) Daneholt B., Edström J. E., Egly-

- házy E., Lambert B., Ringborg U.: Physico-Chemical Properties of Chromosomal RNA in *Chironomus tentans* Polytene Chromosomes. *Chromosoma* (Berlin) 28: 379-98, 1969; 3) Grossman L.: The Reaction of Formaldehyde with Denatured DNA. *Meth. Enzymol.* 12: 467-80, 1968; 4) Harley E.H., Rees K. R.: Mitochondrial RNA in Mycoplasma Infected HeLa Cells. *Biochim. Biophys. Acta* 259 228-38 1972; 5) Lara F. J. S., Okretic M. C.: A Micro-Method for the Assay of Polyadenylate-Containing Ribonucleic Acid by Gel Electrophoresis. *Biochem. J.* 151: 575-80, 1975; 6) Loening U. E.: The Determination of Molecular Weight of Ribonucleic Acid by Polyacrylamide Gel Electrophoresis. *Biochem. J.* 113: 131-8, 1969; 7) Tsanev R. G.: Direct Spectrophotometric Analysis of Ribonucleic Acid Fractionation by Agar-Gel Electrophoresis. *Biochim. Biophys. Acta* 103: 374-82, 1965; 8) Wachter R., Fiers W.: Fractionation of RNA by Electrophoresis on Polyacrylamide Gels. *Meth. Enzymol.* 21: 167-78, 1971.
- IV. *Eletroforese de DNAs*: 1) Zeiger R. S., Salomon R., Peacock A. C.: Isolation of Mouse Satellite DNA by Composite Polyacrylamide Gel Electrophoresis. *Biochem.* 10: 4219-23, 1971; 2) Nathans D., Adler S. P., Brockman W. W., Danna K. J., Lee T. N. H., Sack Jr. G. H.: Use of Restriction Endonucleases in Analysing the Genome of Symian Virus 40. *Fed. Proc.* 33: 1135-8, 1974; 3) Noll M.: Nuclease Digestion as a Key to Chromatin Structure. Dahlem Workshop on Organization and Expression of Chromosomes. Berlin, 1976, no prelo; 4) McDonnell M. W., Simon M. N., Studier F. W.: Analysis of Restriction Fragments of T7 DNA and Determination of Molecular Weights by Electrophoresis in Neutral and Alkaline Gels. No prelo.

O emprego da eletroforese no estudo dos animais domésticos¹

JEHUD BORTOLOZZI, Departamento de Genética, FCMBB, Caixa Postal 102, 18600 Botucatu, SP.

A eletroforese é um método experimental usado no estudo das proteínas e é importante em todos os campos da pesquisa genética. Na genética mendeliana, a mobilidade eletroforética representa um novo fenótipo cuja herança e variação podem ser estudados. Na genética molecular, as diferenças eletroforéticas podem indicar novas mutações que com outras técnicas não eram detectadas. Na genética do desenvolvimento, o aparecimento e o desaparecimento de bandas eletroforéticas durante a formação do indivíduo podem indicar as diferentes fases da atividade dos genes. Na genética de populações, a detecção de variabilidade de uma dada proteína em várias populações de uma mesma espécie, possibilita o estudo das implicações evolucionárias.

Sendo um método relativamente simples de ser empregado e com uma aplicação muito ampla, a eletroforese tem sido largamente usada no estudo de quase todas as espécies animais. Entre as espécies de interesse econômico, os bovinos têm sido os mais estudados. A seguir, de acordo com a orientação deste Simpósio, apresentaremos alguns estudos de eletroforese em animais domésticos.

I — CARACTERÍSTICAS DO SANGUE DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS

A maioria das características bioquímicas que discutiremos foram descobertas com o auxílio da eletroforese. A primeira variação genética de uma proteína foi detectada por Pauling e colaboradores em 1949, por meio da eletroforese em papel comum. Eles demonstraram que as pessoas com anemia falciforme apresentavam um tipo de hemoglobina diferente da que possuem as pessoas normais. Esta descoberta foi o ponto de partida para o conhecimento atual dos vários tipos de hemo-

globina, tanto do homem como de alguns animais.

Em 1955, foi demonstrado pela primeira vez a existência de 3 tipos de hemoglobinas nos bovinos de Argel. Esta variação era devida à existência de 2 alelos autossômicos codominantes. O tipo mais comum, chamado atualmente *A*, foi identificado por uma zona isolada de hemoglobina, com migração lenta. O tipo *B* possuía uma zona isolada, porém migrava com maior rapidez que *A*. Os heterozigotos *AB* apresentavam as duas zonas.

A hemoglobina *B* aparece com frequência relativamente alta nos zebuínos e com raras exceções, com frequência baixa nos bovinos de raça européia. Pesquisas posteriores revelaram a existência de pelo menos mais três genes que regulam a variação das hemoglobinas nos bovinos (Zebu) e nas ovelhas.

Pelas razões apresentadas pelos participantes que nos precederam neste Simpósio, o desenvolvimento da técnica de eletroforese em gel de amido, por Smithies (1955), despertou um interesse muito grande no modo de herança de alguns sistemas polimórficos bioquímicos do soro sanguíneo de alguns animais domésticos. Durante os últimos anos, grande número de polimorfismos com herança simples foram detectados.

Por motivos de espaço e tempo, não vamos descrever aqui todas as variantes genéticas que foram descobertas nas diversas proteínas do soro. Somente apresentaremos alguns exemplos.

O estudo mais detalhado de certas β -globulinas demonstrou que essas proteínas eram idênticas às que facilitam o transporte dos íons de ferro do soro e foram denominadas de transferrinas. Mais adiante, discutiremos essas proteínas mais detalhadamente.

1. Financiado pelo CNPq, Proc. PIG-SIP-04-041.

Gahne (1963) demonstrou uma variação de proteínas em bovinos, que com pH 8,5, emi-

gram imediatamente depois das albuminas. Essas proteínas receberam o nome de post-albuminas e são determinadas por dois alelos codominantes. Ashton e Hewtson (1969) descobriram uma variação genética nas $\alpha 2$ globulinas de migração lenta. Essa variação é interessante porque os animais homozigotos para um determinado gene recessivo carecem totalmente das $\alpha 2$ -globulinas de migração lenta, mas, apesar disto, eles são fenotipicamente saudáveis. Injetando-se soro de um animal normal em outro que não possuía $\alpha 2$ -globulina, Gahne conseguiu estimular neste último a produção de anticorpos que reagiam especificamente com a $\alpha 2$ -globulina. Um resumo dos sistemas genéticos que determinam as variações nas proteínas dos animais domésticos pode ser visto na Tabela I.

II — VARIAÇÃO GENÉTICA DAS ENZIMAS

A combinação da técnica de eletroforese em gel de amido com métodos histoquímicos permitiu a descoberta de diferenças genéticas em diversas enzimas do sangue. O termo *isozima* se aplica às formas moleculares múltiplas de enzimas que possuem essencialmente o mesmo substrato de especificidade.

Recentemente, foi descoberta uma variação quantitativa da fosfatase alcalina nos eritrócitos humanos, atribuída a determinadas enzimas que são distinguidas por eletroforese em gel de amido. Essa variação tem um interesse

especial pois pode servir como modelo de ação gênica sobre os caracteres quantitativos.

As fosfatases alcalinas são enzimas hidrolíticas responsáveis pela destruição dos ésteres fosfóricos. Seu papel mais importante "in vivo" consiste na transferência do fosfato de um radical ácido a outro. Acredita-se que as fosfatases alcalinas desempenham um papel importante na formação do tecido ósseo, como também na reabsorção e síntese das gorduras.

Gahne (1963) verificou diferenças entre as atividades das fosfatases alcalinas em bezerras gêmeos univitelinos. Descobriu uma zona enzimática de migração rápida chamada de *B*, determinada por um gene dominante. Uma observação interessante é a possível associação da fosfatase com os antígenos sanguíneos ABO, no homem. Os indivíduos do grupo *A* são desprovidos quase que totalmente de uma determinada zona da fosfatase que aparece com frequência relativamente alta nas pessoas do grupo *O*.

Convém lembrar que o antígeno sanguíneo *A* do homem possui uma relação íntima com o antígeno *J* dos bovinos e o *R* dos ovinos. Tais antígenos encontram-se associados com as variações das fosfatases alcalinas nas respectivas espécies, associação essa que parece mais intensa em ovinos, de acordo com Rendel e cols. (1964). Outros sistemas enzimáticos encontram-se descritos em Shaw (1965), Rendel (1967), Johansson e Rendel (1968) e Brewer (1970).

TABELA I — Variação genética das proteínas sanguíneas em animais domésticos (as quantidades indicam o número de alelos). Adaptada de Johansson e Rendel (1968).

Proteína	Símbolo	Bovinos					
		européu	zebu	ovinos	suínos	equínos	aves
Hemoglobina	Hb	2	5	3	-	-	-
Pré-albumina	Pr	-	-	-	2	4	-
Albumina	Al	2	3	2	3	2	2
Post-albumina	Pa	2	2	-	-	-	-
Transferrina	Tf	5	7	10	3	7	2
Ceruloplasmina	Cp	-	-	-	2	-	-
Haptoglobina	Hp	-	-	-	4	-	-
$\alpha 2$ -globulina	S	2	-	3	-	-	-
Fosfatase alcalina	F	2	-	2	-	-	-
Esterase	Es	2	3	-	4	-	-
Amilase	Am	-	-	-	-	3	-

III — TIPOS DE TRANSFERRINAS NO SORO SANGÜÍNEO DOS BOVINOS

O controle genético das β -globulinas, as quais têm mostrado nos animais domésticos

uma grande diversidade, revelou a existência de uma forma alterada que Giblett e col. (1959) chamaram de transferrinas. Estas são proteínas específicas que transportam íons de ferro.

Em cada espécie animal até agora estudada, o controle genético da transferrina parece estar

ligado a um sistema autossômico de alelos múltiplos, com expressão total de cada alelo na condição heterozigótica.

O polimorfismo das transferrinas nos bovinos (*Bos taurus*) foi descrito independentemente por Ashton (1958) e Hichman e Smithies (1957). Esses autores postularam a existência de 3 alelos (Tf^A , Tf^D , Tf^E), responsáveis pelos vários tipos de transferrinas encontrados nas raças britânicas de bovinos (AA, DD, EE, AD, AE, DE). Nas raças Jersey, Guernsey e Devon, Brummerstedt-Hanssen e cols. (1962) encontraram somente os alelos A e D.

Kristjansson (1962) demonstrou que o chamado alelo D nos bovinos representa, na realidade, dois alelos, D_1 e D_2 , sendo que cada um produz uma zona de mobilidade semelhante em gel de amido. Ashton e Lampkin (1965) encontraram mais dois alelos, F e G, em bovinos africanos.

A frequência dos alelos das transferrinas, nos bovinos varia de raça para raça, e esse polimorfismo pode ser indicador de certas alterações genéticas e fisiológicas que ocorreram na população. White e col. (1967) demonstraram que vacas de genótipo DD são mais produtivas que as de genótipo AA. Ashton e Fallon (1962) indicaram a conexão entre os genes das transferrinas e a fertilidade em vacas. Muitos autores relataram que as alterações da frequência dos alelos das transferrinas são dependentes do grau de seleção praticada (revisão em Zurkowski, 1974).

IV — POLIMORFISMO PROTÉICO DO LEITE

As proteínas do leite se dividem em dois componentes principais: proteínas do soro e caseínas (estas últimas chegando a alcançar até 80% do total de proteínas).

Através de eletroforese e outros métodos bioquímicos, foi possível dividir a caseína em uma série de subclasses, conhecidas como caseínas Alfa, Beta, Gama e K, bem como as proteínas do soro em β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, seroalbumina e outros componentes. Nos últimos anos têm sido demonstradas diferenças genéticas em várias dessas proteínas.

Aschaffenburg (1965) classificou, mediante eletroforese em papel, a β -lactoglobulina (β -Lacto) procedente de vacas de diferentes raças. Descreveu a existência de três frações da β -lac-

toglobulina: A, B e C. A β -Lacto-A é a que tem maior rapidez migratória enquanto a β -Lacto-C é a mais lenta. Cada animal examinado apresenta uma ou duas frações. A variação é controlada por 3 alelos codominantes, Lg^A , Lg^B e Lg^C , proporcionando cada um deles uma das frações protéicas.

Igualmente foram descritas diferenças genéticas na α -Lactoalbumina (α -Lacto), embora essa variação só ocorra no gado Zebú. Todas as raças bovinas européias parecem ter somente uma α -lactoglobulina. As diferenças da α -lacto nos zebuínos são controladas por um loco autossômico com dois alelos codominantes.

Quanto à caseína, o estudo eletroforético só se desenvolveu recentemente, porque os diversos componentes caseínicos tendem a se agregar. Essa dificuldade técnica foi resolvida com a incorporação de uréia à caseína, impedindo assim a agregação (Michalak, 1967). A eletroforese em gel de amido, ou outro qualquer suporte adequado, dá uma excelente resolução dos constituintes da caseína.

Thompson e cols. (citados por Johansson e Rendel, 1968) descreveram as variantes (A, B e C) da β -caseína. O polimorfismo é controlado por 3 alelos codominantes autossômicos situados no loco β -Cn. Descreveram ainda uma variação similar em um dos componentes da α -caseína (caseína α_1), sensível ao cálcio. Identificaram 4 alelos diferentes, dando cada um deles uma zona distinta em eletroforese em gel de amido. Os alelos são codominantes, de forma que os heterozigotos apresentam duas zonas distintas. As caseínas α_1 e as β parecem ser controladas por locos ligados.

A presença de diferenças genéticas na caseína K foi demonstrada como uma subfração da caseína α . A caseína K é importante na coagulação das proteínas do leite depois do tratamento com resina. Existem pelo menos duas variedades de caseínas K (A e B), as quais são determinadas por 2 alelos codominantes autossômicos, num loco muito próximo do loco das caseínas α_1 e β . As variações das caseínas α_1 , β e K são, portanto, reguladas por um segmento muito pequeno de um mesmo cromossomo.

São relativamente recentes os estudos genéticos da composição protéica do leite. A eletroforese da caseína em gel de amido tem proporcionado 20 zonas protéicas mais ou menos definidas. Variantes genéticos adicionais

provavelmente serão encontrados. Não se conhece ainda o efeito que essa variação possa ter na utilização industrial do leite e nesse sentido existem muitas pesquisas em andamento.

Uma aplicação prática do conhecimento dos tipos de proteínas do leite é uma possível relação com a prevalência de mastites em raças leiteiras de bovinos. Resultados obtidos por Osterhoff e col. (1966 e 1974) mostram uma correlação positiva entre a biossíntese de certas proteínas do leite e a resistência ou susceptibilidade à mastite séptica. A tipificação genética das raças leiteiras será extremamente importante no controle da mastite e possivelmente no controle de outras enfermidades dos bovinos, através da eliminação dos animais que geneticamente estão predispostos a essas doenças.

V — POLIMORFISMO DE HEMOGLOBINAS EM BÚFALOS

A hemoglobina dos búfalos, sob eletroforese, separa-se em duas bandas (Abe e cols., 1969) sem que tenha sido demonstrada diferença individual nítida. Faz exceção o trabalho de Khanna e Braend (1968), os quais, em 507 animais examinados, encontraram 4 animais que apresentavam 3 bandas (esse padrão explicado pela ocorrência de uma mutação no loco da cadeia B), e 2 animais que mostraram uma relação entre as bandas A_1 e A_2 , diferentes do tipo comum (fato esse devido a heterozigotidade num loco modificador).

Masino e cols. (1974) testaram, por eletroforese em gel de amido (pH 8.7), 150 amostras de hemoglobinas de búfalos aquáticos. Destes, 18 animais apresentaram uma banda lenta e muito fraca, chamada pelos autores de AB, e 132 animais com uma banda lenta, comparativamente mais visível, chamada de B.

A fim de se saber qual das subunidades das moléculas de hemoglobinas é responsável pelas diferenças observadas, as cadeias α e β dos animais dos tipos AB e B foram separadas em gel de amido pela técnica de Chernoff e Petit (1964). Nenhuma variabilidade foi notada dentro das cadeias β , mas em relação às cadeias α , os animais AB e B são diferentes. As cadeias α_1 são mais densas, as α_2 mais finas em AB que as correspondentes em B. Uma possível explicação para esses resultados seria a existência de dois locos, originados por duplicação (Kitchen, 1969), que em búfalos controlam a síntese das cadeias α . Um (α_1) sintetizaria as cadeias α_1 , e

outro (α_2), a cadeia α_2 . O loco α_1 não seria polimórfico, e o loco α_2 teria os alelos A_2 e B_2 . O primeiro (α_1) sintetizaria uma cadeia eletroforeticamente indistinguível da α_1 e o segundo (α_2) sintetizaria as cadeias α_2 . De acordo com esse mecanismo, o fenótipo AB seria heterozigoto para o loco α_2 (A_2/a_2) e os animais de fenótipo B seriam homozigotos para o alelo B_2/a_2 . Pesquisas estão em andamento no sentido de comprovar-se essa hipótese.

VI — VARIABILIDADE GENÉTICA DA ALBUMINA EM REBANHOS BOVINOS

O estudo dos genes responsáveis pelas diferenças bioquímicas dos bovinos e outras espécies animais é importante em relação à origem, evolução e estrutura dos locos responsáveis por essas diferenças (problemas de ação gênica, síntese de proteínas e atividade fisiológica das substâncias específicas formadas).

Embora a albumina não apresente variabilidade genética em algumas raças bovinas, em outras se manifesta polimórfica. Essa proteína constitui 43% das proteínas séricas dos bovinos e é muito importante nas funções fisiológicas do organismo.

O polimorfismo da albumina em gado bovino tem sido demonstrado em várias raças e em vários países (Braend e Efremov, 1965; Abe e cols., 1970). Na maioria das raças estudadas, existem 3 fenótipos: AA, BB e AB, governados por 2 alelos autossômicos codominantes. A tabela II mostra a distribuição da albumina em algumas raças cubanas de bovinos.

TABELA II — Distribuição fenotípica da albumina em algumas raças cubanas de bovinos. Adaptado de Mitat e cols. (1974).

Raças		N.º de animais	Fenótipos		
			AA	AB	BB
Holstein	touros	-	-	-	-
	vacas	205	205	-	-
Charolês	touros	12	7	5	-
	vacas	244	180	58	6
Santa Gertrudis	touros	-	-	-	-
	vacas	221	85	89	37
Crioula	touros	-	-	-	-
	vacas	218	122	85	11
Zebu	touros	19	16	3	-
	vacas	230	5	90	135

Os dados obtidos por Mitat e cols. (1974) e apresentados na tabela II confirmam os de Bruquet e Van de Veghe (1970), referentes às raças bovinas belgas. Embora nos dois trabalhos o número de touros seja pequeno, parece certo que o fenótipo BB não ocorre em touros, e os fenótipos AA e AB ocorrem em ambos os sexos. A ausência do fenótipo BB nos touros poderia ser explicada pela seleção fenotípica dos melhores reprodutores os quais eram sempre AA ou AB. Pesquisas nesse sentido precisam ser desenvolvidas.

VII — VARIANTES PROTÉICAS DO SANGUE DOS EQUÍNOS

O método geralmente usado para a determinação das variantes sanguíneas é o da eletroforese em gel de amido (Smithies, 1955). Diferentes técnicas têm sido descritas com respeito principalmente a diferentes tampões e diferentes métodos de coloração (veja Buschmann e Schmid, 1968; Shaw e Prasad, 1970). Um método para a eletroforese simultânea de 4 sistemas enzimáticos das células vermelhas lisadas dos equínos foi recentemente desenvolvido por Bengtsson e Sandberg (1973). A tabela III mostra um resumo dos sistemas protéicos conhecidos, até o momento, nos equínos.

TABELA III — Sistemas protéicos dos equínos, mostrando o número de alelos correspondentes. Adaptado de Bengtsson e Sandberg (1973).

Proteína/enzima	Símbolo	Fonte	N.º alelos
Transferrina	Tf	soro	10
Albumina	Al	soro	3
Esterase	Es	soro	7
Prealbumina	Pr	soro	8
Post albumina	Pa	soro	2
Hemoglobina	Hb	eritrócito	2
Anidrase carbonica	CA	eritrócito	5
Fosfatase ácida	AP	eritrócito	2
Catalase	Cat	eritrócito	2
Isomerase F.	PHI	eritrócito	3

Durante os últimos anos tem aumentado a importância da descoberta de marcadores genéticos para resolver diversos problemas relativos à identificação dos cavalos. Na Escola Superior de Agricultura de Uppsala (Suécia), têm se desenvolvido muitos trabalhos com o objetivo de determinar o grupo sanguíneo dos cavalos. Associados com os sistemas protéicos, eles são usados para identificação animal nos problemas de paternidade duvidosa, com

resultados mais eficazes que o uso simples dos grupos sanguíneos.

VIII — AS PROTEÍNAS ACROSSOMAS DOS ESPERMATOZÓIDES DOS BOVINOS

O acrossomo, estrutura vesicular que envolve o núcleo dos espermatozóides da maioria das espécies animais, parece estar intimamente envolvido no processo de fertilização. Embora a morfologia de sua estrutura varie grandemente de espécie para espécie (Dan, 1967), há uma grande semelhança entre as espécies no que diz respeito às alterações estruturais que ocorrem durante o processo da fertilização.

A fim de elucidar o seu significado biológico, o material dos acrossomos dos espermatozóides dos mamíferos é extraído pelo tratamento com ácido barbitúrico, de acordo com o método proposto por Bernstein e Teichman (1973). O sobrenadante é concentrado com "Lyphogel" e depois submetido a eletroforese em gel de amido em pH alcalino, de acordo com a metodologia desenvolvida por Kristjansson (1963). A eletroforese desse material acrossomal tem mostrado uma migração anodal das proteínas, as quais são separadas em 8 bandas de mobilidade eletroforética decrescente e de diferente intensidade de coloração.

Segundo Sartore e Cristofori (1974), essas 8 bandas indicam a existência de diferentes proteínas nos acrossomos dos espermatozóides bovinos, proporcionando estudos genéticos e fisiológicos. De fato, mais pesquisas são necessárias para se determinar o caráter dessas proteínas, sua possível atividade enzimática, suas propriedades antigênicas e o seu papel no processo normal da reprodução. Além disso, devemos lembrar que investigações extensivas deverão ser feitas no sentido de se estudarem os polimorfismos das proteínas ou enzimas acrossomais, bem como comparações entre os padrões eletroforéticos do sêmen fresco e sêmen congelado usados nas inseminações artificiais.

IX — MARCADORES GENÉTICOS

Antes da descoberta das variações genéticas devidas aos diferentes tipos de grupos sanguíneos, a maioria das análises genéticas dependia da comparação das características

morfológicas. Como essas análises morfológicas são geralmente grosseiras, as reações imunológicas dos tipos sanguíneos foram largamente usadas nos estudos genéticos. A aplicação dos grupos sanguíneos como marcadores genéticos em várias investigações foi até pouco tempo restrita aos estudos no homem e nos animais domésticos.

Asterhoff e seus colaboradores têm desenvolvido em Skukuza (África do Sul) uma excelente série de pesquisas em animais selvagens, aplicando os grupos sanguíneos como marcadores genéticos da eletroforese em gel de amido, incluindo várias proteínas e enzimas.

Até o presente, foram estudadas as seguintes proteínas e enzimas: hemoglobina (Hb), albumina (Alb), transferrina (Tf), proteína alfa "slow" (α), amilase (Am), anidrase carbônica (CA), esterase (est.) e 6-fosfogluconato desidrogenase (6-PGD). A tabela IV apresenta, em resumo, o polimorfismo das proteínas e enzimas de algumas espécies de animais selvagens da África do Sul. Essa tabela mostra que são necessárias mais investigações para que possamos ter uma boa visão da variabilidade genética nesses animais e para se saber se existem ou não características raciais específicas devidas à seleção natural.

TABELA IV — Polimorfismo das proteínas e enzimas de algumas espécies de animais selvagens da África do Sul. Adaptado de Osterhoff (1970, 1972a, 1972b).

Espécie	Número de amostras	Proteínas				Enzimas			
		Hb	Alb	Tf	α	Am	CA	Est.	6-PGD
Antilope	15	-	-	-	-	-	-	-	2
Búfalo	191	1	1	1	2	-	-	-	-
Elefante	273	1	2	3	1	-	-	2	1
Gazela	20	-	-	-	1	-	-	-	1
Girafa	15	4	1	1	3	-	-	-	-
Leão	36	1	2	6	-	-	-	-	-
Rinoceronte Branco	48	1	1	3	-	-	-	2	-
Rinoceronte Preto	10	1	1	1	-	-	-	1	-
Zebra	66	3	4	19	-	-	-	1	-

REFERÊNCIAS

- Abe, T.; T. Oishi and S. Suzuki, 1969. Haemoglobin, transferrin and albumin variants in Formosan water buffalo. *Proc. of the Japan Academy* 45: 767.
- Abe, T.; K. Mogi; T. Oishi; K. Tanaka and S. Suzuki, 1970. Blood protein polymorphism on the native cattle, horse and pigs in Eastern Asia. *Proc. XII European Conference on Animal Blood Group and Biochemical Polymorphism. Hungary*, p. 225-228.
- Aschaffenburg, R., 1965. Variants of milk proteins and their pattern of inheritance. *J. dairy Sci* 48: 128-132.
- Ashton, G. C., 1958. Genetic of B-globulin polymorphism in British cattle. *Nature* 182: 370.
- Ashton, G. C. and G.R. Fallon, 1962. B-globulin type, fertility and embryonic mortality in cattle. *J. Rep. Fert.* 3: 93-104.
- Ashton, G. C. and G.H. Lampkin, 1965. Serum albumin and transferrin polymorphism in East African cattle. *Nature* 205: 210.
- Ashton, G. C. and R.W. Hewetson, 1969. Transferrins and milk production in dairy cattle. *Anim. Prod.* 11: 533-542.
- Bengtsson, S. and K. Sandberg, 1973. A method for simultaneous electrophoresis of four horse red cell enzyme systems. *Anim. Blood. Grps. Biochem. Genet.* 4: 83-87.
- Bernstein, M.H. and R.J. Teichman, 1973. A chemical procedure for extraction of the acrosome of the mammalian spermatozoa. *J. Rep. Fert.* 33: 239.
- Bouquet, G. and A. Van de Vegh, 1970. Albumin polymorphism in Belgian cattle breeds. *Proc. XII European Conference on Animal Blood Group and Biochemical Polymorphism. Hungary*, p.197-200.
- Braend, M. and G. Efremov, 1965. Polymorphism of cattle serum albumin. *Nord. Vet. Med.* 17 (585): 31-33.
- Brewer, G. T., 1970. *Introduction to isozyme techniques*. Academic Press. Inc. New York.
- Brummerstedt-Hanssen, E.; M. Hasetholt; B. Larsen; J. Moustgaard; L. Moller; P.N. Brauner and B. Palludan, 1962. Recent progress in immunogenetics research. *Paper presented at the 8th animal blood group conference in Europ, Yugoslavia* n.º 19.
- Buschmann, H. and D.O. Schmid, 1968. *Serumgruppen bei Tieren*. Verlag. Paul Parey, Berlin, 272 pp.
- Chernoff, A.I. and N.M. Petit, 1964. The amino acid composition of haemoglobin. *Blood* 24: 750.

- Dan, J. C., 1967. A chromosome reaction and lysins. In *Fertilization*, C. B. Metz and A. Monroy Ed., New York, Acad. Pres. Vol. 1, 237 pp.
- Gahne, B., 1963. Citado por Johansson and Rendel, 1968.
- Giblett, E.R.; C.G. Hichman and O. Smithies, 1959. Serum transferrins. *Nature* 183: 1589.
- Hickman, C.G. and O. Smithies, 1957. Evidence for inherited differences in the serum proteins of cattle. *Proc. Gen. Canada* 2: 39.
- Johansson, I. and J. Rendel, 1968. *Genetics and animal breeding*. Oliver & Ltda., Edinburg, Great Britain, 489 pp.
- Khanna, N.D. and M. Braend, 1968. Haemoglobin and albumin polymorphisms in Indian water buffaloes. *Acta Vet. Scand.*, 9: 316.
- Kitchen, H., 1969. Heterogeneity of animal haemoglobins. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.* 13: 247.
- Kristjansson, F.K., 1962. Recent research in serum protein polymorphisms of livestock. *Paper presented at the 8th animal blood group conference in Europ., Yugoslavia n.º 19*.
- Kristjansson, F.K., 1963. Genetic control of two pre-albumins in pigs. *Genetics* 48: 1059.
- Masina, P.; D. Iannelli and T.M. Bettini, 1974. *Haemoglobin polymorphism in Italian water buffalo. 1.º World Congress on genetics Applied to Livestock Production vol. 3: 313-316*.
- Michalak, W., 1967. Anomalous electrophoretic pattern of milk proteins *J. Dairy Sci* 50: 1319.
- Mitat, J.; L. Ezcurra y A. Rodriguez, 1974. Variabilidad genética de la albumina en poblaciones bovinas. *1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 3: 329-333.
- Osterhoff, D.R. and A.M.G. Pretorius, 1966. Inherited biochemical polymorphism in milk proteins. *Proc. S. Afr. Soc. Anim. Prod.*, 5: 166.
- Osterhoff, D.R.; E. Young and I.S. Ward-Cox, 1970. A study of genetic blood variants in African Buffalo. *Afr. Vet. Med. Ass.*, 41: 33-37.
- Osterhoff, D.R.; I.A. Petrie and E. Young, 1972a. Haemoglobin in wild animals. *Afr. Vet. Med. Ass.* 43: 361-362.
- Osterhoff, D.R.; E. Young and I.S. Ward-Cox, 1972b. Transferrin and hemoglobin types in the African elephant (*Loxodonta africana*). *Koedoe* 15: 61-65.
- Osterhoff, D.R. and W.H. Giesecke, 1974. *1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, vol. 3: 283-288.
- Rendel, J., 1967. Studies of blood groups and protein variants as a means of revealing similarities and differences between animal populations. *Anim. Breed. Abstr.* 35: 371-383.
- Rendel, J.; O. Alund; R.A. Freedland and F. Moller, 1964. The relationship between the alkaline phosphatase polymorphism and blood group O in sheep. *Genetics* 50: 973-986.
- Sartore, G. and F. Cristofori, 1974. Electrophoretic research on acrosomal proteins of Bull spermatozoa. *1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* vol. 3, 263-268.
- Shaw, C.R., 1965. Electrophoretic variation in enzymes. *Science* 149: 936-943.
- Shaw, C.R. and R. Prasad, 1970. Starch gel electrophoresis of enzymes — a compilation of recipes. *Boichem. Genet.* 4: 297-320.
- Smithies, O., 1955. Zone electrophoresis in starch gels; group variations in serum proteins of normal human adults. *Biochem. J.* 61: 629.
- Zurkowski, M., 1974. Changes in frequencies of transferrin genes in cattle. *1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* vol. 3, 235-240.
- White, M.B. and J.C. Banfield, 1967. The distribution of serum transferrin types in dairy cattle and their relationship to milk and butterfat production. *Aust. J. Exp. Agric. Husb.* 7: 396-398.

Suportes eletroforéticos

ARNO RUDI SCHWANTES, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 384, 13.560 — São Carlos, SP

De uma maneira mais genérica, eletroforese é o movimento de substâncias sob influência da corrente elétrica. Em 1809, Reuss depositando uma fina camada de areia no fundo de dois tubos em posição vertical e ligando, a esses, os terminais de uma bateria por ele construída, verificou, que no lado positivo a água tornava-se turva devido a migração das partículas de areia. Segundo Ribeiro *et al.* (1958), esse foi o primeiro relato em que o fenômeno eletroforese, foi descrito claramente.

Os métodos clássicos para determinação de movimento de partículas colocadas em um campo elétrico foram, com o decorrer do tempo, chegando-se a uma variedade considerável de aparelhos e técnicas. Um desses métodos é o de "moving-boundary", no qual, o registro do movimento das partículas é feito óticamente, constatando-se, dessa maneira, o movimento de uma zona entre a fase dispersa e o meio dispersante. A parte fundamental dos aparelhos baseados nesse princípio, é um tubo em forma de U, no qual uma solução tampão pode ser colocada cuidadosamente sobre uma dispersão de proteínas (ou outras substâncias) em tampão. Este método parece ter sido introduzido por Picton e Linder (1892), mas somente em 1937 o método era universalmente empregado graças ao trabalho em que Tiselius, descreve com detalhes o aparelho que lhe valeu o prêmio Nobel (Ribeiro *et al.*, 1958).

Apesar da precisão dos métodos clássicos, o problema da estabilização das zonas de migração eletroforética, foi causa de constante preocupação. Assim, foram testadas várias maneiras de estabilização dos eletrólitos como a da adição de gelatina (Lodge, 1886; Arrhenius, 1886; Masson, 1899), estabilização por meio de duas soluções contendo um ion comum (Whetham, 1893) e adição de agar (Whetham, 1894, 1895; Field e Teague, 1907a and b e outros). Foi ainda tentada estabilização em lâ de vidro (Strain, 1939), sílica gel (Lecoq, 1944; Brewer *et al.*, 1947; Westhaver, 1947; Madorsky e Strauss, 1947, 1948) e em muitos suportes.

Atualmente, os meios mais usados para a estabilização das zonas eletroforéticas são: papel de filtro, amido solúvel, agar e agarose, filmes de acetato de celulose, gel de amido, gel de poliácridamida e combinação de anfólitos em altas concentrações de sacarose (eletrofo-calização).

Como já foi dito, a eletroforese consiste no deslocamento de substâncias em um campo elétrico. Isso deve-se a radicais ionizáveis existentes na superfície da molécula. Quando em solução, a ionização desses radicais, evidentemente, depende do pH. O pH no qual uma determinada molécula permanece na origem (ponto de aplicação) é o chamado ponto isoeletrico (pI). Cada substância apresenta uma curva de mobilidade em função do pH e, portanto, duas moléculas podem apresentar mobilidade idêntica em determinado pH e diferente noutro.

A água como uma substância polarizada, tende a migrar para o pólo negativo (cátodo) carregando consigo as moléculas da substância submetida ao campo elétrico. Isso é chamado de eletromose. A excelência de um meio de migração também depende do seu índice de eletromose, ou seja, da sua capacidade de manter estabilizados os eletrólitos e, assim, diminuir os efeitos da eletromose.

O tamanho da molécula em meios como o do papel, amido solúvel, acetato de celulose, agar e eletrofocalização, pouco ou nada influi na sua mobilidade. Entretanto, o gel de amido e o de poliácridamida, separam não só pelo pI, mas também pelo tamanho e forma da molécula.

ELETROFORESE EM PAPEL

A primeira notícia que se tem, do uso do papel de filtro como estabilizador é uma comunicação de Koenig ao 3.º Congresso Sul Americano de Química, 1937, Rio de Janeiro (sendo o trabalho desenvolvido no Instituto

Butantan), foi esquecida até 1939, quando Von Klobusitzky e Koenig publicaram com maiores detalhes os resultados dessa comunicação (sobre veneno de *Bothrops jararaca*). Desde então o papel de filtro tem sido usado na separação eletroforética das mais variadas substâncias, sendo ainda hoje, muito usado na análise de proteínas do soro.

Atualmente, entretanto, o papel de filtro como meio de migração, pode ser considerado como sendo de resolução muito pobre. Isso deve-se a adsorção das substâncias ao papel, especialmente as de grande peso molecular, como as proteínas. O papel, por isso mesmo, é ainda utilizado, quando se deseja usar suas propriedades cromatográficas (adsorbentes) e de suporte eletroforético. Um exemplo disso é a técnica de "fingerprinting".

Além do problema da adsorção, o índice de eletromose dos vários tipos de papel de filtro existentes é considerável.

AMIDO SOLÚVEL (ELETROFORESE EM BLOCO DE AMIDO)

O amido solúvel como meio de migração, não apresenta, em relação ao papel, a desvantagem da adsorção. Entretanto, como se trata de um bloco dificilmente manipulável e praticamente impossível de ser retirado da canaleta, torna difícil a aplicação de corantes. Apesar disso, devido a grande quantidade de material que pode ser colocado a migrar, tem sido usado como um processo preparativo, especialmente com substâncias que absorvem a luz visível, como as hemoglobinas. Atualmente sua aplicação tem sido limitada devida a existência de outros métodos mais vantajosos como o da cromatografia em coluna.

ELETROFORESE E VARIABILIDADE GENÉTICA

Os métodos que envolvem as propriedades eletrocinéticas das moléculas, até pouco tempo atrás, eram apenas mais alguns dos métodos utilizados em Química Analítica.

O método começou a ser intensivamente empregado a partir de 1955, no estudo da variabilidade genética em populações dos mais diversos organismos, destacando-se o homem e *Drosophila*. Nesse ano (1955), Smithies descreveu um novo meio de migração — o gel de amido e mostrou a existência de polimorfismo de um dos componentes da fração α_2 do soro

humano. Mais tarde, esse componente, foi identificado por Smithies e Walker (1956) como sendo haptoglobina, proteína já descrita por Polonovski e Jayle (1938).

Antes de 1955, o estudo da variabilidade genética por eletroforese, era praticamente restrito ao estudo das hemoglobinas humanas, existindo ainda, alguns trabalhos sobre Hb e proteínas do soro de animais. A razão disso é a pobre resolução oferecida pelo papel de filtro como meio eletroforético.

Outro passo importante na valorização da eletroforese no estudo da variabilidade genética, foram os trabalhos de Hunter e Markert (1957) sobre esterases e de Markert e Möller (1959) sobre desidrogenase láctica, os quais, combinam técnicas histoquímicas com eletroforese em gel de amido na detecção de enzimas. Baseadas nesses trabalhos, foram desenvolvidas técnicas de detecção das mais diversas enzimas por diversos pesquisadores.

Através do estudo eletroforético de enzimas, principalmente na espécie humana e em *Drosophila*, verificou-se que a variabilidade genética era muito maior do que se esperava, até então. Isso porque a eletroforese permite a detecção de uma boa parte das mutações de genes estruturais, mais ou menos 1/3 dessas (Hopkinson, comunicação pessoal), fração essa resultante de trocas de aminoácidos nas cadeias polipeptídicas (trocas de aminoácidos polares por apolares, ou vice-versa ou ainda, trocas que provoquem alterações estéricas da molécula) que envolvem mudanças no potencial eletrocinético das proteínas.

GEL DE AMIDO

O gel de amido é obtido a partir da hidrólise do amido (de batata ou outro qualquer) que depois de seco, sofre um processo de cocção e ebulição sob pressão negativa (vácuo). O vácuo serve ainda para retirar o ar da mistura. O gel cujo amido foi hidrolisado num tempo adequado e que foi preparado, convenientemente, constitui-se numa rede capaz de retardar a mobilidade das moléculas, segundo seu peso molecular. Além disso, é um material fácil de ser manipulado, podendo-se cortá-lo, no sentido da espessura, de maneira que uma mesma corrida permite o estudo de 2, 3 ou mais sistemas protéicos. A diferença de resolução entre eletroforese em papel e gel de amido, pode ser avaliada no slide 1 do trabalho de Poulik e Smithies (1958), que mostra a correspondência

das frações do soro humano através de eletroforese bidimensional em papel numa direção e em gel, noutra.

A eletrosmose nesse meio de migração é muito baixa e as moléculas, em geral, não se desnaturam (conservam a atividade), o que o torna um bom meio para análise qualitativa de enzimas.

Na prática apresenta uma dificuldade: amidos hidrolisados de marcas diferentes ou de lotes diferentes de uma mesma marca apresentam propriedades mecânicas e poder de resolução diferentes. De um amido convenientemente hidrolisado e bem preparado, podem-se obter lâminas de 2 milímetros de espessura, sem problemas de quebra. Na UFSCar, estamos desenvolvendo estudos na tentativa de obter um amido hidrolisado, cujas propriedades mecânicas e de resolução sejam constantes em lotes diferentes.

Outra desvantagem aparente do gel de amido é a da dificuldade do cálculo das concentrações relativas das bandas por densitometria. Essa, estretanto, pode ser obtida das seguintes maneiras:

1 — Aquecendo-se o gel em tampão acetato (0,5M) e glicerina (10%), a uma temperatura entre 40°C e 60°C, e fazendo-se leitura, no densitômetro, antes do gel esfriar completamente (M. L. Schwantes, comunicação pessoal);

2 — Colocando-se um papel de filtro sobre o gel antes de corá-lo e, posteriormente, passando esse papel no densitômetro;

3 — Fotografando-se o gel sob luz uniforme e passando-se o filme positivo no densitômetro.

O gel de amido presta-se, ainda, para os tipos de separação mostradas nos slides 2 e 3. Slide 2: separação de cadeias de hemoglobinas A, S e C (Schwantes & Schwantes, 1970). Slide 3: Separação do complexo Hp/Hb da Hb livre de jibóias (Schwantes, 1972 e 1976).

Misturando-se uréia ao amido obtém-se uma separação de cadeias de proteínas purificadas, como por exemplo, hemoglobinas. A vantagem do nosso sistema, visto no slide 2, com relação ao método amido/uréia é o tempo de preparação: amido/uréia — 3 dias incluindo obtenção da apohemoglobina; sistema de separação pelo p-hidroximercuribenzoato de sódio (Schwantes & Schwantes, 1970) — 5 horas. Esse último sistema, com uma prévia separação de 5 horas, permite a análise das cadeias através da transferência de pequenas fatias de um gel, contendo a proteína, para outro, onde as cadeias serão separadas.

AGAR E ACETATO DE CELULOSE

Na mesma época (década de 1950), surgiram outros meios de migração que vêm sendo utilizados no estudo da variabilidade genética. Um deles é o do gel de ágar

O uso do ágar como agente estabilizador de eletrólitos vem sendo tentado desde o fim do século passado, mas somente nos últimos 20 anos passou a ser intensivamente usado. Em 1965, descreveu-se uma técnica de eletroforese em ágar sobre lâminas de microscópio utilizando-a no estudo populacional de hemoglobinas de bacalhau. Entretanto, nem todo ágar constitui-se num bom meio de migração devido ao alto índice de eletrosmose de alguns. Atualmente emprega-se a agarose, que é um tipo purificado de ágar.

O ágar não tem a capacidade de retardar moléculas maiores e, portanto, separa as proteínas, apenas pelo pI. A adição de amido hidrolisado às preparações de ágar, aumenta o poder de resolução e também confere, à preparação, um certo poder de separação pelo tamanho da molécula.

Outro meio de migração atualmente muito difundido em laboratórios clínicos é o filme de acetato de celulose ou gel de acetato de celulose. Esse meio de migração apresenta um poder de resolução, muito melhor que o do papel, pode ser utilizado, inclusive no estudo de enzimas. Tanto o ágar como o acetato de celulose apresentam a vantagem de as bandas serem separadas em tempo curto.

GEL DE POLIACRILAMIDA

Os primeiros trabalhos sobre gel de poliácridamida datam de 1959 (Davis & Ornstein, 1959; Raymond & Weintraub, 1959). Em 1964, apareceram os primeiros trabalhos sobre eletroforese em disco (Ornstein, 1964; Davis, 1964), ou seja, eletroforese onde a poliácridamida é colocada em tubos e as bandas, conseqüentemente, aparecem em forma de disco.

O gel de poliácridamida constitui-se numa mistura de acrilamida, bisacrilamida e tampão que, sob a ação da luz polimeriza, polimerização essa acelerada pelo persulfato de amônia. Dessa polimerização, resulta um material mecanicamente resistente e de muito boa resolução.

Como o gel de amido, também o gel de poli(acrilamida) forma uma rede que retarda a migração de moléculas grandes. A eletroforese em disco (poliacrilamida) apresenta algumas vantagens em relação ao gel de amido:

1 — Preparação bem mais fácil (não requer habilidades "culinárias"). Recristalizando-se a acrilamida e a bisacrilamida, obtêm-se géis de porosidade constante.

2 — Tempo de migração, cerca de 5 a 6 vezes menor;

3 — Maior facilidade de conservação dos géis para análise posterior;

4 — Géis de poli(acrilamida)/uréia apresentam, geralmente, melhor resolução do que os de amido/uréia, acrescida, ainda, das vantagens anteriormente enumeradas;

5 — Géis de poli(acrilamida) podem ser feitos com SDS (dodecilsulfato de sódio), como verão na exposição do Dr. Romeu Guimarães, a seguir;

6 — A resolução pode ser aumentada com a adição de anfólitos, combinando eletroforese em disco com eletrofocalização;

7 — A quantidade de material necessário para uma boa resolução, é várias vezes menor do que para o gel de amido;

8 — Usando-se a técnica descrita por Dietz e Lubrano (1967), pode se obter uma comparabilidade entre migrações que é praticamente impossível de obter com gel de amido ou com outro meio qualquer. Essa técnica consiste essencialmente em colocar-se, junto com a amostra, um corante como o azul de bromofenol (pHs alcalinos) ou como 4-fenilazo-1-naftilamina (pHs ácidos) fazendo-o migrar sempre a mesma distância em cada tubo. Utilizando-se essa técnica, é possível comparar mobilidades de enzimas ou proteínas, cujas eletroforeses foram realizadas em anos diferentes;

9 — O gel de poli(acrilamida), ainda, é o meio de migração, que melhor se presta ao estudo dos ácidos nucléicos, como verão na exposição do dr. Guimarães e dr. Lara.

ELETROFOCALIZAÇÃO (ISOELECTRIC FOCUSING)

Quando uma amostra de proteínas, cujos pontos isoeletrícos (pI) estão dentro da variação de pH de um gradiente, as moléculas

protéicas irão adquirir diferentes cargas, determinadas pelo pI de cada proteína e do pH onde a proteína está localizada. O resultado será que cada molécula irá migrar para o pH onde é seu ponto isoeletrico, isto é, onde ela é eletricamente neutra. As proteínas são, assim, exatamente focalizadas onde o pH é igual ao seu pI. Esse método de separação de proteínas pelos seus pontos isoeletricos, num gradiente de pH é chamado de eletrofocalização. Assim sendo, a eletrofocalização consiste na formação de um gradiente de pH numa coluna através de uma mistura de anfólitos (ácidos alifáticos poliaminopolicarboxílicos de diferentes graus de substituição) em solução de sacarose (Slide 4). A coluna é encamisada interna e externamente, o que permite o resfriamento do sistema por circulação de água gelada. Uma diferença de potencial de 300 a 500V é aplicada nos eletrodos e o gradiente de pH, é estabelecido pela migração dos anfólitos.

Após a eletrofocalização (que leva de 2 a 5 dias), praticamente não há mais passagem de corrente, e o material é retirado pela abertura inferior da coluna e coletado num coletor de frações (cada tubo contendo mais ou menos 2 ml). A localização dos componentes é feita por espectrofotometria e o pH de cada tubo é determinado com uma precisão de centésimo de pH.

Slide 5 — Hb de salmão (*Salmo salar*) (Koch *et al.*, 1968).

Slide — gráfico obtido.

Assim sendo, através da eletrofocalização é possível:

1 — Separação de proteínas com alto grau de resolução. Proteínas, diferindo em 0,01 de pH do seu ponto isoeletrico, podem ser assim separadas;

2 — Caracterização de cada proteína pelo seu ponto isoeletrico.

REFERÊNCIAS

- Arrhenius, S., 1886. *Rep. Brit. Assoc. Adv. Sci.*, 56: 344.
 Brewer, A. K.; Madorsky, S.L.; Taylor, J.K.; Dibeler, V.H.; Bradt, P.; Parham, O.L.; Britten, R.J. e Reid Jr., J.G., 1947. *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, 38: 137.
 Davis, B.J., 1964. *Ann N.Y. Acad. Sci.*, 121: 321.
 Davis, B.J. e Ornstein, L., 1959. Citado de Davis, 1964.

- Dietz, A.A. e Lubrano, T., 1967. *Annal. Biochem.*, 20: 246.
- Field, C.W. e Teague, O., 1907a. *J. Exptl. Med.*, 9: 86.
- Field, C.W. e Teague, O., 1907b. *J. Exptl. Med.*, 9: 222.
- Hunter, R.L. e Markert, C.L., 1957. *Science*, 125: 1294.
- Koenig, P., 1937. *Actas Trab. 3.º Congr. Sul-Americano Chim., Rio de Janeiro*, 2: 334.
- Koch, H.J.A., Bergström, E., Bodarwé-Schmitz, E. e Evans, J.C., 1968. *Medelingen Van De Koninklijke Vlaamse Academic Voor Wetenschapen, Letteren en Schone Kunsten Van Belgie*, 20: 3.
- Lecoq, H., 1944. *Bull. soc. roy. sci. Liège*, 13: 20.
- Lodge, O., 1886. *Rep. Brit. Assoc. Adv. Sci.*, 56: 389.
- Madorsky, S.L. e Strauss, S., 1947. *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, 38: 185.
- Madorsky, S.L. e Strauss, S., 1948. *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, 41: 41.
- Markert, G. e Möller, F., 1959. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 45: 753.
- Masson, O., 1899. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 192-A: 331.
- Ornstein, L., 1964. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 121: 321.
- Picton, H. e Linder, S.E., 1892. *J. Chem. Soc.*, 61: 148.
- Polonovski, M. e Jayle, M.F., 1938. *C. R. Soc. Biol.*, 129: 457.
- Poulik, M.D. e Smithies, O., 1958. *Biochem. J.*, 68: 636.
- Raymond, S. e Weintraub, L.S., 1959. *Science*, 130: 711.
- Reuss, F.F., 1809. *Mém. Soc. Impér. Natural. Moscou*, 2: 237.
- Ribeiro, L.P., Mitidieri, E., Afonso, O.R. e Villela, G.G., 1958. Eletroforese em papel e métodos relacionados. Serv. Graf. do I.B.G.E. do Rio de Janeiro.
- Schwantes, A.R., 1972. Hemoglobinas e haptoglobinas em Serpentes. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Schwantes, A.R., 1976. *Comp. Biochem. Physiol.*, 53B: 235.
- Schwantes, A.R. e Schwantes, M.L., 1970. *Experientia*, 26: 928.
- Sick, K., 1965. *Hereditas*, 54: 19.
- Smithies, O., 1955. *Biochem. J.*, 61: 629.
- Smithies, O. e Walker, N.F., 1956. *Nature*, 176: 265.
- Strain, H.H., 1939. *J. Am. Chem. Soc.*, 61: 1292.
- Tiselius, A., 1937. *Trans. Faraday Soc.*, 33: 524.
- Von Klobusitzki, D. e Koenig, P., 1939. *Arch. exptl. Pathol. Pharmacol.*, 192: 271.
- Westhaver, H. W., 1947. *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, 38: 169.
- Whetham, W.C.D., 1893. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 184A: 337.
- Whetham, W.C.D., 1894. *Phil. Mag.*, 38: 392.
- Whetham, W.C.D., 1895. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 186A: 507.

The study of lyomesophases by nuclear magnetic resonance methods

L. W. REEVES

Amphiphilic compounds at high concentrations in water form liquid crystalline mesophases. These lyomesophases have been recognised since the period of the 1920's but their nature is still little understood. Serious study as to the structural arrangements responsible for birefringent properties and anisotropic behaviour began in the late 1950's, when Luzatte and co-workers first worked out some of the principal super-structures. The existence of hexagonal arrays of parallel cylinders, and lamellar is now well established but it becomes more evident that this is not an exhaustive list of the possibilities.

Nuclear magnetic resonance (NMR) is a tool which measures individual molecules in the fluid state and in isotropic liquids the number of useful parameters is reduced to the chemical shift, the indirect spin-spin coupling constants and the usual nuclear spin relaxation times. There are a few principal experimental measurements that can be made by NMR, the additional ones being the direct dipole-dipole coupling constant, and the nuclear quadrupole coupling constant. These last two quantities have no symmetric part and other than affecting nuclear spin relaxation times, do not alter the position and number of peaks in the spectrum in isotropic liquids. In molecules which tumble anisotropically, as in liquid crystalline materials, there are necessarily preferred directions which always persist in the uniaxial media. In the case the unsymmetric part of the second rank tensors becomes an active parameter in affecting the energy levels of a nuclear spin system and so the number and positions of NMR peaks observed. The nuclei of spin $1/2$ have no nuclear quadrupole moment and the NMR spectrum is determined by

chemical shift, spin-spin coupling and dipolar coupling. The dipole-dipole couplings which can be determined from analysing the spectrum bear a simple relationship to the degree of order of the axis joining the two nuclear spins i and j

$$D_{ij} = \frac{\hbar \gamma_i \gamma_j}{\pi \langle T_{ij}^2 \rangle} \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \theta_{ij} - 1 \rangle = a' S_{ij} \quad (1)$$

D_{ij} is the dipolar coupling constant.

$\gamma_i \gamma_j$ are nuclear constants.

θ_{ij} is the instantaneous angle with the magnetic field direction of the axis ij and

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \theta_{ij} - 1 \rangle$$

is the degree of order of the axis ij . It is possible to obtain in some cases sufficient independent values of S_{ij} to describe a 3×3 degree of order matrix for the molecule which is a description of its anisotropic motion.

The degree of order parameters of axes determined from magnetically oriented lyomesophases in ions, water, dissolved molecules, head groups and hydrocarbon segments will be presented and discussed. The water has low order, the region of the head group the highest order and each type of chain has a distinct degree of order ratio profile which is a function of the head group, temperature and counter ions but not of the water concentration in the phase.

A nucleus of spin $> 1/2$ has a nuclear quadrupole coupling constant, which can also be used to determine the degree of order of axes. This is especially useful in probing the order of specifically deuterated detergent chains. Various examples will be given and the available chemical information discussed.

* Simpósio realizado em 12 de julho de 1976, em Brasília, durante a 28.ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

The dipole-dipole coupling, determined in complex ions, can be used to investigate their structure and examples will be presented. The effect of changing head group charge and hydrophobicity of the counter ions gives sometimes dramatic effects on the degree of order of counter ions. Some trends are noticeable.

The chemical flexibility of lyomesophases, which are spontaneously oriented in magnetic fields, is sufficiently appreciable to model many of the classical situations encountered in interface chemistry. Such flexibility and the types of mesophases which can be prepared will be discussed.

Recent advances in the investigation of reversed micelles

JANOS H. FENDLER, Department of Chemistry, Texas A&M University, College Station, Texas 77843

ABSTRACT. Interactions and reactions in the presence of surfactant aggregates in nonpolar solvents are summarized. Illustrative examples are given and recent advances in our laboratories are surveyed.

There is increasing interest in investigating reactions in nonpolar solvents in the presence of surfactant aggregates.¹ These systems have been termed reversed or inverted micelles since their polar groups are concentrated in the interior of the aggregate while their hydrophobic moieties extend into, and are surrounded by, the bulk apolar solvent. Significantly, considerable amount of water can be solubilized by reversed micelles. This surfactant-solubilized water is often referred to as a water pool.

Although the meaning of charges in nonpolar solvents is not quite clear, surfactants have been classified as cationic, anionic, and uncharged.² Typical cationic surfactants are the alkylammonium carboxylates, typical anionic ones are the dialkylsulfosuccinates (Aerosols) and typical uncharged ones are the polyoxyethylene nonylphenols. Additionally phospholipids also aggregate in nonpolar solvents. The nature of aggregation depends on the size of the aggregates. Aerosols and sorbitan monostearate form large aggregates in nonpolar solvents containing 80 or more monomers. For these detergents the association is likely to be the monomer $\rightleftharpoons$ n-mer type corresponding to that commonly observed for micellization in water. Conversely, the number of monomers in alkylammonium carboxylate aggregates in most nonpolar solvents rarely exceed 8-10. The association of these surfactants are best described in terms of multiple equilibrium models, involving stepwise association, usually, of the monomer $\rightleftharpoons$ dimer $\rightleftharpoons$ trimer $\dots$ n-mer type. An important consequence of the stepwise association is that changes in physical properties with increasing surfactant concentrations are gradual and hence the meaning of critical

micelle concentration, or CMC, becomes somewhat dubious.³

An added solubilize, such as water, or an unrecognized impurity can dramatically alter the solubilities and aggregation properties of surfactants in nonpolar solvents. In many instances water promotes the formation of larger and more stable reversed micelles. Indeed, in the absence of traces of water, aggregation is sometimes precluded.

In early works, reversed micelles were considered to be spherical, with the polar groups located in their interior.² It is more likely, however, that aggregates containing only small numbers of monomers associate to form lamellar micelles, with the polar and hydrophobic groups being placed end to end and tail to tail, with water and organic solvents between them.⁴ Addition of water and/or other solubilizes causes the micelle to swell and to assume a different shape.

Controlled amounts of surfactant-entrapped water in nonpolar solvents provide a unique medium for interactions and reactions of polar substrates. Water is predominantly localized at the polar groups of surfactant aggregates. The effective polarity, acidity, and microscopic viscosity of the surfactant-entrapped "water pools" are expected to be substantially different from those in bulk water. The ionic strength of surfactant-entrapped water can be usually large. In view of its importance, research is being increasingly directed toward the elucidation of the properties of this unique reaction medium.

Both macroscopic and microscopic solvent polarities and dipole moments have been

examined in selected systems. We have examined the microscopic polarities of dodecylammonium propionate and poly (oxyethylene- (6)) -nonylphenol solubilized water in methylene chloride, benzene, and cyclohexane by utilizing absorption and fluorescence spectroscopic measurements on 1-ethyl-4 - carbomethoxypyridinium iodide,⁵ vitamin B₁₂,⁶ and hemin⁷ as extrinsic probes. The most salient fact emerging from these studies is that the concentration of added water, i. e., the size of the water pool, determines the effective polarity. At low concentrations of solubilized water the effective environment of vitamin B₁₂ is, for example, appreciably less polar than pyridine. Conversely, in large solubilized water pools as well as in aqueous micelles the substrate is in a medium which is not too dissimilar from water. It should be pointed out, however, that such large molecules as vitamin B₁₂ or hemin substantially alter the structure of the reversed micelles. Vitamin B₁₂ is in fact surrounded by some 300 molecules of dodecylammonium propionate and hemin is wrapped around by approximately 2000 molecules of poly (oxyethylene (6)) nonylphenol.^{6,7}

The effective polarity and, more generally, the nature of solubilized water are not uniform. The water initially solubilized by sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate in benzene has a higher apparent density than that obtained on addition of greater amounts of water,⁴ implying stronger binding of the initial water molecules than of the ones subsequently incorporated. Similar conclusions have been drawn from determinations of heats of water solubilizations.⁸ The presence of two types of water was established in phosphatidylcholine reversed micelles in diethyl ether.⁹

Evidence for differences in the acidity of the reversed micellar core has been recently obtained from titrations of solubilized dyes.^{10,11} Bromophenol blue, thymol blue, methyl orange, and malachite green have been entrapped in water pools solubilized by Igepal CO-530 in benzene. Addition of increasing concentrations of HClO₄ alters the absorbances of the indicators in a manner analogous to that observed in aqueous titrations. From appropriate plots, pK_a^{app} values for bromophenol blue, thymol blue, methyl orange, and malachite green have been determined in the 0.50M Igepal CO-530-benzene-0.55M water system to be -2.50, -5.00, -3.98, and -5.20, respectively.

These values have been calculated by assuming that all acid is localized in the "water pools" and they are expressed in terms of H₀ scale. These pK_a^{app} values are up to seven units lower than the corresponding pK_a values in water (bromophenol blue + 4.07, thymol blue = 1.65, methyl orange + 3.41, malachite green + 2.26.¹¹ Preferential proton concentration into the 0.55 M water pools can only account for a decrease of two units in pK_a^{app} values. Evidently Igepal CO-530 restricted volumes of water provide an apparently basic environment for the indicators."

For charged surfactant aggregates in non-polar solvents the addition of acid or base results in charge neutralization. Thus, infrared titrations revealed the neutralization of dodecylammonium propionate in benzene to dodecylammonium propionic acid.¹⁰ Determination of ratios of propionate to propionic acid as a function of added HClO₄ at 0.10 M dodecylammonium propionate concentration in benzene allowed the calculation of pK_a^{app} values for 2,5-, 2,4-, and 2,6-dinitrophenols, 2, 4, 6-trinitrophenol, bromophenol blue, bromophenol red, malachite green, and vitamin B₁₂a in 0.55 M water pool. In contrast to results in Igepal CO-530, dissociation constants of these indicators in dodecylammonium propionate reversed micelles do not appreciably differ from those in bulk water. Acidities of each reversed micellar system need, therefore, to be examined individually.

Rates of several reactions are dramatically enhanced when the reactants are localized in the polar cavities of reversed micelles. To date the most spectacular catalysis has been observed for the aquation of the tris(oxalato)chromium(III) anion. The aquation is up to 5.4 million times faster in the restricted water pool of octadecyltrimethylammonium tetradecanoate than that in bulk water.¹² Even more significantly, there are only modest rate enhancements of the reaction if either the metal or the ligand is replaced. Reversed micellar systems mimic well, at least in this instance, the magnitude and specificity of enzymatic catalysis.

Effects of reversed micelles have also been observed on the hydrolysis of p-nitrophenyl dodecanoate,¹³ on the imidazole - catalyzed hydrolysis of p-nitrophenyl acetate¹⁴ on the mutarotation of 2, 3, 4, 6-tetramethyl- α -D-glucose,¹⁵ on the decomposition of Meisenheimer complexes,¹⁶ on the solvolysis of 2, 4-dinitrophenyl sulfate¹⁷ on the interaction of hemin with cyanide⁷ and imidazole¹⁸ and on

phospholipase-catalyzed hydrolysis of phosphatidylcholine in the presence of Ca^{2+} .¹⁹

Rate enhancements in reversed micelles have been rationalized in terms of favorable substrate partitioning into and binding at the polar regions of the micelle where, in case of alkylammonium carboxylates, bond breaking can be assisted by concerted proton transfer.

Additionally, polarities and acidity of the surfactant entrapped water pools may uniquely alter initial and transition state enthalpies and entropies. Factors influencing reversed micellar catalysis are, however, complex and not yet completely understood.

Properties of reversed micelles, briefly outlined above, renders them to be useful models for enzyme active sites as well as those for membrane mediated processes. We are currently investigating energy and proton transfer within the surfactant entrapped water pools and across the hydrocarbon bilayer. Work is also extended to methyl transfer from surfactant solubilized methyl cobalamine as well as to ligand exchange reactions at different porphyrins. Along with these investigations we continue with our basic studies on the physical chemical properties of solubilization.

REFERENCES

1. J.H. Fendler, *Account. Chem. Res.* 9, 153(1976) and references cited therein.
2. C.R. Singleterry, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 32, 446(1955); N. Pilpel, *Chem. Rev.*, 63, 221(1963); F. M. Fowkes in "Solvent properties of surfactant solutions", K. Shinoda, Ed., Marcel Dekker, New York, N. Y., 1967, p.65; P. Becher in "Nonionic surfactants", M. J. Schick, Ed., Marcel Dekker, New York, N. Y., 1967, p. 478; A. Kitahara in "Cationic surfactants", E. Jungermann, Ed., Marcel Dekker, New York, N. Y., 1970, p. 289.
3. A. J. Kertes and H. Gutman, 1975. *Surf. Colloid Sci.*, 8: 193-295.
4. M. B. Mathews and E. J. Hirschhorn, 1952. *J. Colloid Sci.* 8, 86.
5. J. H. Fendler and L. J. Liu, 1975. *J. Amer. Chem. Soc.*, 97, 999.
6. J. H. Fendler, F. Nome and H.C. Van Woert, 1974. *J. Amer. Chem. Soc.*, 96, 6745.
7. W. Hinze and J. H. Fendler, 1975. *J. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 238.
8. A. Kitahara and K. Kon-No, 1969. *J. Colloid Interface Sci.*, 29, 1; 1971, K. Kon-No and A. Kitahara, *ibid.*, 35, 409.
9. M. A. Wells, 1974. *Biochemistry*, 13, 4937.
10. F. Nome, S.A. Chang, and J. H. Fendler, 1976. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, 72, 296.
11. F. Nome, S. A. Chang, and J. H. Fendler, *J. Colloid Interface Sci.*, in press.
12. C.J. O'Connor, E. J. Fendler, and J. H. Fendler, 1974. *J. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 625.
13. S. Friberg and S. I. Ahmad, 1971. *J. Phys. Chem.*, 75, 2001.
14. F. M. Menger, J.A. Donohue, and R. F. Williams, 1973. *J. Am. Chem. Soc.*, 95, 286.
15. E. J. Fendler, J. H. Fendler, R. T. Medary, and V. A. Woods, 1971. *Chem. Commun.*, 1497; J. H. Fendler, E. J. Fendler, R. T. Medary, and V. A. Woods, 1972. *J. Am. Chem. Soc.*, 94, 7288.
16. J. H. Fendler, 1972. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 269; J. H. Fendler, E. J. Fendler and S.A. Chang, 1973. *J. Am. Chem. Soc.*, 95, 3273.
17. C. J. O'Connor, E.J. Fendler, and J. H. Fendler, 1973. *J. Org. Chem.*, 38, 3371.
18. W. H. Hinze and J. H. Fendler, unpublished results.
19. R. L. Misorowski and M.A. Wells, 1974. *Biochemistry*, 13, 4921.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks are due to my coworkers whose names are given in the references and without whom this work would have been impossible. We are grateful to the National Science Foundation, the U. S. Energy Research and Development Administration, and The Robert A. Welch Foundation for support of these investigations.

Kinetics of organic reactions in micellar systems

E. H. CORDES, Department of Chemistry, Indiana University

A prerequisite to understanding reaction kinetics in Micellar systems is the understanding of the structure and properties of the micelles themselves. On the whole, this background information is much less complete than one might wish. For micelles derived from surfactants of simple structure, a good deal is known that is relevant to our considerations. This information has been summarized in the excellent review of Murkerjee.

Basically, surfactants capable of forming aggregates (micelles) in aqueous solution are molecules of the type RX , in which R is a hydrophobic moiety, usually a straight-chain alkyl group of 8 to 18 carbon atoms, and X is a hydrophilic group. Further classification depends on the nature of X : in cationic surfactants, X is typically a quaternary ammonium or phosphonium group; in anionic surfactants, usually a sulfate, sulfonate, or carboxylate group; in nonionic surfactants, generally a polyoxyethylene group. Great structural variations is, of course, possible.

Micelle formation is accompanied by an abrupt, almost discontinuous, change in many solution properties; these include surface tension, conductivity, ability to solubilize certain dyes, viscosity, light scattering, and the like. These properties may be employed to determine the cmc for a particular surfactant under a specified set of conditions.

A number of factors affect the cmc for a surfactant and the size of micelle formed. Increasingly hydrophobic surfactants have decreasing values of the cmc and form increasingly large micelles (in terms of both molecular weights and number of molecules per micelle). Increasing both the electrolyte concentration and the surfactant concentration leads to decreases in cmc and to increase in micellar size as does increasing the hydrophobicity of the counterion. At very high concentration of certain electrolytes, micellar structure changes dramatically. The small spherical micelle may

become large rod-shaped structures with molecular weights of one million or more. At sufficiently high surfactant concentrations, a liquid crystalline phase may be obtained.

Micelles formed from simple surfactants such as sodium dodecyl sulfate are generally roughly spherical and contain 50-100 surfactant molecules per micelle under most conditions. The hydrophilic groups occupy the surface of the micelle and are exposed to the solvent, while the hydrophobic chains of the surfactant molecules occupy the interior. Most physical measurements suggest that the interior of micelle has substantially the properties of a liquid hydrocarbon.

While the hydrocarbon-like portion of the micellar phase may have great importance for the association of certain organic substrates with the phase, it seems likely that most bond-changing reactions occur at the micelle surface (see below). The properties of this surface are, consequently, of great interest. A substantial fraction of the charge groups on the surface are neutralized through the inclusion of counterions.

With respect to these counterions, we may distinguish two regions. Immediately adjacent to the hydrocarbon core of the micelle, there is a highly charged layer in which counterions are tightly bound to the micelle itself. This layer, usually referred to as the Stern layer, generally has its outer boundary at or slightly within the shear surface of the micelle. Beyond the Stern layer, the remainder of the counterions exist relatively unorganized with respect to the micellar surface. Their concentration decreases as one recedes from the surface according to the Boltzmann distribution law. Generally about 60-70% of the charges on the micellar surface are neutralized by counterions in the Stern layer. This value is, however, a sensitive function of the nature and concentration of counterions in solution: the greater the concentration of counterions and the more pronoun-

ced their hydrophobic properties, the more nearly completely neutralized will be the micellar surface charge.

The hydration of the charged groups within the Stern layer is similar to that of the charged groups alone and the thickness of the Stern layer is about equal to that of the ionic heads. The potential difference between the bulk and micellar phases is usually in the range 50-100 mV. The surface of the micelles is rough. Proton nmr and other evidence indicates that a portion of the hydrocarbon chain is, transiently

at least, exposed to solvent, regardless of the nature of the micellar interior. As a result of the rough-surfaced character of the micellar surface, molecules adsorbed at the surface may experience hydrophobic interactions with the surfactant molecules. The surface of micelles appears to be quite a polar environment, though not so polar as water itself. Murkerjee and Ray have assigned an approximate value of 36 for the dielectric constant of the surface of micelles derived from N-alkylpyridinium ions on the basis of measurements of the positions of charge-transfer bands between the pyridinium group and certain anions.

Técnicas de “afterloading” em radioterapia

D. M. VIZEU, Chefe do Departamento de Física do Instituto de Radioterapia Osvaldo Cruz.

RESUMO. O autor faz um histórico das várias técnicas de “afterloading” utilizadas em Radioterapia, comparando-se quanto à complexidade e custo. Na análise comparativa entre unidades manuais e automáticas sugere que a escolha de uma ou outra seja feita de acordo com as características das mesmas e dos hospitais. Faz também algumas considerações a respeito do tipo de radioisótopos mais adequado para ser usado nos sistemas de “afterloading”.

I — INTRODUÇÃO

De todas as técnicas radioterápicas, aquelas que utilizam fontes seladas em aplicações intracavitárias ou intersticiais, são as responsáveis pela exposição do pessoal profissional às radiações. Esse ramo da radioterapia é chamado de braquiterapia. Estas técnicas todas requerem que os profissionais, técnicos, médicos e enfermeiras entrem em contacto direto com as fontes radioativas, dificultando e algumas vezes mesmo impossibilitando a utilização de barreiras protetoras.

As aplicações intracavitárias requeriam que os moldes ou aplicadores, que são os sistemas que permitem o posicionamento das fontes, fossem introduzidos nas cavidades já carregadas com as fontes radioativas. O manuseio dos aplicadores na sala cirúrgica expunha todo o pessoal presente. O manuseio do paciente até sua chegada ao quarto expunha todo o pessoal que entrasse em contacto com ele. Se houvesse necessidade de um reposicionamento dos aplicadores, isto corresponderia a uma nova operação de colocação com a desvantagem de termos as fontes presentes desde o início da mesma.

Nas aplicações intersticiais, durante todo o tempo da cirurgia, os médicos e enfermeiras ficavam expostos diretamente às fontes, tanto aquelas que seriam colocadas, como as que já haviam sido colocadas. Deve-se lembrar que

essas cirurgias são demoradas, o que agrava o problema da exposição.

A braquiterapia desenvolveu-se e difundiu-se a partir de 1934 quando em Manchester, Paterson e Parker desenvolveram certas regras que determinavam a quantidade e a distribuição geométrica das fontes, de forma a se obter uma irradiação homogênea e com a dose adequada.

De todas as aplicações braquiterápicas e intracavitária em tumores ginecológicos foi a que teve maior penetração pela eficiência que demonstrou.

Sua importância cresce se levarmos em conta o fato de que câncer do útero é o de maior frequência entre os tumores femininos.

Além do sistema Manchester, outros surgiram, tais como Stockholm, Paris, Houston etc., qualquer deles dá excelentes resultados desde que utilizados adequadamente.

A medida que o tempo passava, com as exposições máximas permissíveis para os profissionais diminuía com o aumento dos conhecimentos sobre os efeitos biológicos da radiação, várias restrições foram feitas ao uso de técnicas braquiterápicas. Gradativamente várias aplicações, principalmente moldagens, foram sendo abandonadas, até que ficamos praticamente só com as aplicações intracavitárias em tumores ginecológicos, que não podiam ser abandonadas por não se dispor de nenhuma técnica substitutiva que tivesse a mesma eficiência. Assim mesmo as exposições eram elevadas e havia necessidade de se fazerem escalas de rodízio entre os médicos e técnicos que lidavam com essas aplicações.

*Simpósio apresentado em Brasília, julho de 1976, durante a 28.^a Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

II — HISTÓRICO

Por volta de 1960 surgiram os primeiros aplicadores para tumores ginecológicos, que permitiam que as fontes radioativas fossem colocadas, somente após a sua colocação na paciente. Eram aplicadores cujo carregamento (*loading*) podia ser feito após (*after*) a sua colocação, daí o nome “afterloading” termo que ainda não tem uma tradução adequada em nossa língua.

Os pacientes modelos que foram comercializados foram os de Henscke, depois os de Fletcher e muitos outros. Cada instituição passou a fabricar seu próprio modelo de “afterloading”, todos muito parecidos pois em última análise são constituídos de dois ovóides e uma sonda uterina.

As figuras 1 e 2 mostram um tipo de aplicador que foi desmontado por nossa instituição.

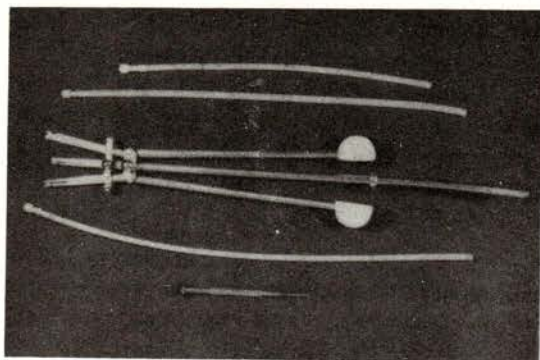


Fig. 1. Unidade de Afterloading desenvolvida no Instituto de Radioterapia Osvaldo Cruz. Montada com ovóides e sonda, com os respectivos porta-fontes.

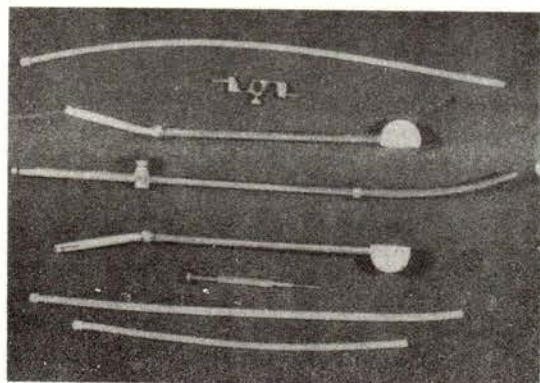


Fig. 2. Mesma unidade da fig. 1 desmontada mostrando partes componentes.

Portanto os aplicadores podem ser colocados, a paciente radiografada (fig. 3), e somente após a aprovação do seu posicionamento é que as fontes são colocadas. Verificamos então que a adoção das técnicas de “afterloading” trouxeram não só uma melhor proteção para os profissionais mas também uma elevação dos padrões de tratamento dos tumores ginecológicos.

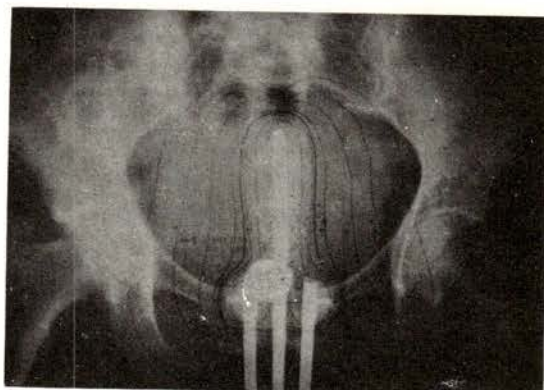


Fig. 3. Radiografia da paciente com a unidade colocada. As curvas de isodose correspondentes foram traçadas sobre a radiografia.

Pode-se fazer um melhor controle de qualidade do tratamento, inclusive com a utilização de atlas de isodoses, eliminando a necessidade de um computador, que seria necessário se tivéssemos que individualizar cada tratamento (fig. 4 e 5).

Até este momento estamos nos referindo aos sistemas em que as fontes são colocadas manualmente nos aplicadores e que são chamados “afterloading” manuais. Por volta de 1966 surgiram as primeiras unidades de “afterloading” automáticas, isto é unidades em que as fontes radioativas são colocadas nos aplicadores por controle remoto. O aparecimento dessas unidades permitiu a utilização de fontes radioativas de maior intensidade pois neste caso não há nenhum contacto do profissional com as fontes radioativas.

Evidentemente a utilização de fontes de alta atividade requerem o uso de salas especiais (fig. 6), muito semelhantes as que são utilizadas para as unidades de Teleterapia.

É oportuno fazermos algumas considerações a respeito do tempo de tratamento. O sistema Manchester preconizava uma dose de 4.000 rad. num ponto de referência, chamado

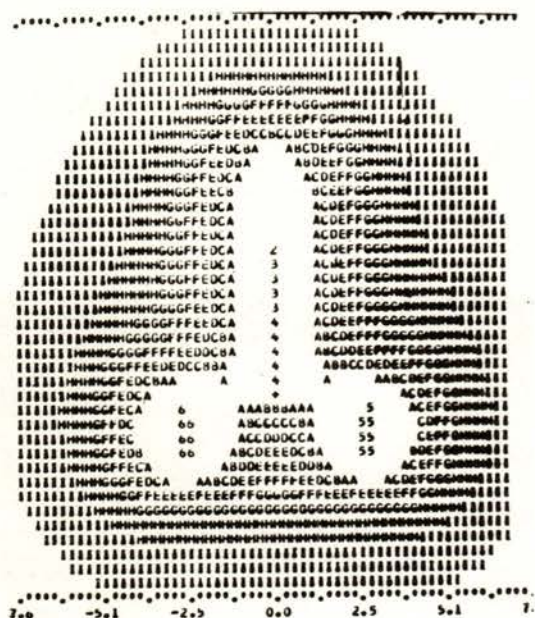


Fig. 4. Curvas de isodose da unidade de afterloading traçadas pelo computador. Vista frontal.

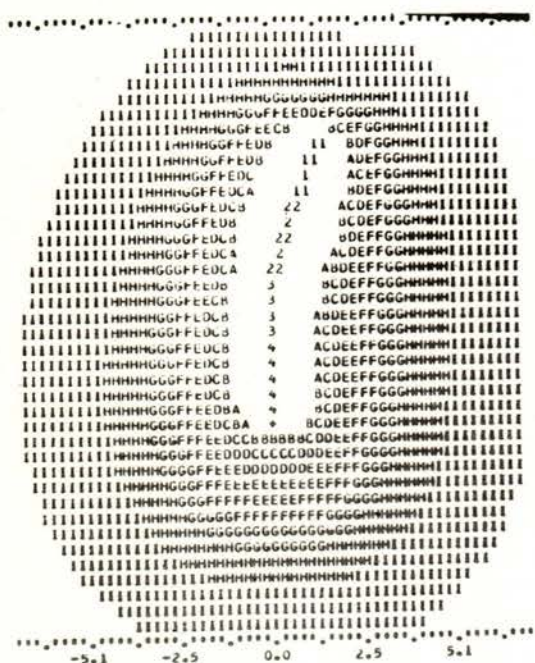


Fig. 5. Curvas de isodose da mesma unidade da fig. 4. Vista lateral.

ponto A, em 72 horas, para isso se necessitava cerca de 100 mg de Ra.

Com a disponibilidade de outras fontes, inclusive de maior atividade tivemos algumas

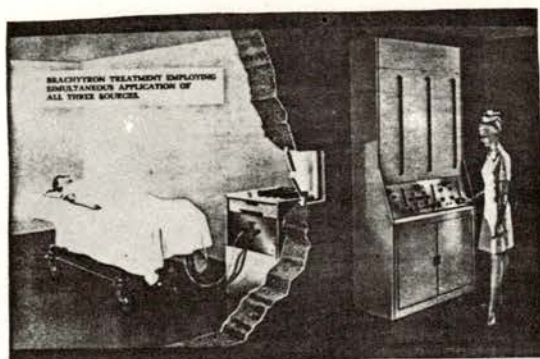


Fig. 6. Vista de uma unidade automática de "afterloading" com o painel e a sala especial.

modificações no tempo de tratamento. Assim temos instituições que usam 48 horas e mesmo 24 horas, esquemas que dão respostas biológicas muito parecidas com o de 72 horas. Já às unidades automáticas permitem, ou melhor exigem que o tratamento seja feito em alguns minutos, o que requer que sejam encontrados esquemas de tratamento totalmente diferente dos sistemas clássicos. Não nos esqueçamos de que qualquer mudança nesta técnica de tratamento deverá dar resultados no mínimo iguais aos existentes, que já demonstraram sobejamente a sua eficiência.

III — CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES

III - 1 — Manuais

De acordo com a experiência de vários centros de radioterapia, as unidades devem ser basicamente os 2 aplicadores correspondentes aos ovóides e a sonda uterina. O sistema deve permitir que se fixe a distância entre os ovóides de acordo com o tamanho de paciente, a sonda uterina deverá permitir a colocação de fontes desde 2 cm até 8 cm, seu diâmetro externo não deverá ser inferior a 8 mm para evitar doses muito altas na superfície.

Os materiais a serem empregados na sua fabricação são os mais diversos e a sua escolha dependerá de se saber se os aplicadores serão descartáveis ou permanentes. Em nossa opinião, em nosso meio, os aplicadores permanentes devem ser preferidos, principalmente por motivos econômicos.

Neste caso deve-se usar material que possa ser esterilizado várias vezes sem sofrer deformações que prejudiquem o seu uso. Sempre

que possível usar metais inoxidáveis. Cuidados especiais devem ser tomados quanto aos sistemas portadores das fontes. Estes deverão mantê-las na mesma posição e posicionar-se corretamente nos aplicadores, se forem de plástico deve-se atentar para o efeito que a radiação provoca sobre eles, substituindo-se antes que percam suas características.

Finalmente o sistema todo não deve pesar mais do que 100 g e ser desmontável, não só para facilitar sua colocação mas também para sua limpeza.

III-2 — Automáticas

A escolha de uma unidade automática deve ser feita entre os modelos comercialmente disponíveis, por ex: Cathetron, Cervitron, Brachyttron, Gamma Med, Buchler etc., basicamente todos eles permitem a utilização de fontes de alta atividade.

Quando falamos em unidade automática, é nossa opinião que sua justificativa só existe se utilizarmos fontes de alta atividade. Caso contrário, isto é, a unidade utilizando fontes, menores e sem a necessidade de sala especial, teria como única vantagem o fato de podermos colocar a fonte por controle remoto e poder recolhê-la para cuidar da paciente. Uma unidade manual com anteparos de chumbo para proteção ambiental dará certamente os mesmos resultados por um custo centenas de vezes menor.

Ficamos, portanto, com as unidades automáticas com fontes de alta atividade. Os critérios de escolha neste caso deverão basear-se na confiabilidade que a unidade oferece, alguns dos itens que deverão ser estudados com atenção são:

sistemas de condução da fonte, se por cabos flexíveis ou condução pneumática, controle de qualidade de seu posicionamento, sistema de segurança para o recolhimento de emergência da fonte, facilidade de posicionamento dos aplicadores na paciente, disponibilidade de fontes e quais as configurações que podem ser usadas.

Se houver um número grande de fontes verificar qual o sistema de segurança para evitar enganos na aplicação. Finalmente a troca de fontes deve poder ser feita sem muita dificuldade.

Finalmente, antes da escolha final deve-se coletar a opinião de especialistas que já tenham

trabalhado com a unidade e que nos possam dar uma avaliação do funcionamento da mesma.

IV — ESCOLHA DAS FONTES RADIOATIVAS

Como já vimos temos a possibilidade de utilizar fontes desde alguns mg Ra eq. até alguns g de Ra eq. Além disso como o Ra — 226 foi considerado inadequado e mesmo perigoso por organismos internacionais tais como A.I.E.A. e O.M.S., restaram-nos entre os radioisótopos possíveis o Ir-192, Co-60 e Cs-137.

No caso das unidades manuais o material de eleição é definitivamente o Cs-137 pois pode ser obtido em atividades de algumas dezenas de mCi, tem uma meia-vida de 30 anos, o que torna economicamente viável. Além disso, sua energia de 0.6 MeV facilita os problemas de blindagem pois sua camada semi-redutora em chumbo é de mm. Tanto o Co-60 como o Ir-192 só serão considerados viáveis se houver a facilidade de se ter um reator por perto principalmente no caso do Ir-192 com sua meia-vida de apenas 74 dias. No caso do Co-60 com sua meia-vida de 5,26 anos, algumas vezes, por motivos econômicos pode-se justificar sua utilização, mas lembrando sempre que sua energia média de 1,25 MeV dificulta os problemas de proteção radiológica.

No caso das unidades automáticas, o único radioisótopo possível é o Co-60, pois é o único que atinge atividades específicas compatíveis com os níveis de radiação com que se quer trabalhar.

Na aquisição de uma unidade automática deve-se levar em conta o fato de que as fontes deverão ser trocadas periodicamente.

V — CONSIDERAÇÕES

A finalidade principal das unidades manuais de "afterloading" está na melhor proteção que oferece aos profissionais, além de melhorar os padrões do tratamento.

De um modo geral estas unidades não provocam mudanças radicais nos esquemas de tratamento.

A utilização de uma unidade de "afterloading" permite que se usem os porta-fontes já montados, eliminando a necessidade de se manusear as fontes, e diminuindo a possi-

bilidade de erros na colocação das mesmas. Por outro lado a adoção desta hipótese exige um número maior de fontes, principalmente pela necessidade de termos vários tipos de sondas já montadas. Se a instituição dispuser de pessoal técnico com treinamento adequado é preferível montar as fontes para caso individual.

As unidades automáticas por sua vez exigem que o tratamento seja feito em alguns minutos por sessão o que modifica radicalmente os esquemas já existentes.

Em função disso os defensores dessas unidades apregoam o fato de poder fazer esse tipo de tratamento em sistema ambulatorial, reduzindo o seu custo em leito e internação.

Todavia, dado o escasso número de publicações que aparecem na literatura especializada, consideraríamos que a sua utilização encontra-se ainda em estágio experimental.

Devemos lembrar também que as técnicas de "afterloading" foram também aplicadas em implantes e moldagens fazendo com que esses tipos de tratamento ressurgissem dentro da radioterapia. Também neste caso temos a possibilidade de usar unidades manuais ou automáticas.

É evidente que a adoção destas técnicas exige um certo grau de sofisticação da instituição principalmente no cálculo das doses em implantes.

VI — CONCLUSÕES

Esperamos ter deixado claro que a adoção da técnica de "afterloading" é essencial para qualquer serviço de radioterapia que pretenda tratar adequadamente seus pacientes.

Dentre as duas possibilidades, unidade manual ou automática, aconselhamos definitivamente a primeira.

O investimento total com unidades e fontes não ultrapassará US\$ 5.000,00 e assim mesmo a maior contribuição para o custo está nas fontes de Cs-137 pois existem unidades manuais nacionais oferecidas a Cr\$ 3.000,00 por unidade.

O corpo técnico e clínico facilmente se adaptará ao novo sistema, principalmente se estiver consciente da proteção radiológica implicada no seu uso.

Já no caso das unidades automáticas, o custo ascende a dezenas de milhares de dólares, sem contar a construção da sala especial, acompanhamento por controle remoto do paciente anestesiado etc..

Este investimento inicial é muito alto e só se justifica se tivermos um número muito grande de pacientes a tratar e que o hospital não comporte as internações por falta de leitos. Ainda assim a adoção de um sistema como esse requer que lá fora são transferíveis sem modificações para o nosso meio. Neste aspecto a característica dificuldade em nosso meio em se fazer um acompanhamento adequado dos pacientes após o tratamento, torna quase impraticável o estabelecimento desses padrões.

Finalmente o uso dessas unidades requer um acompanhamento de controle de qualidade com uma certa sofisticação em Física que a maioria das nossas instituições em radioterapia não tem.

REFERÊNCIAS

1. Henschke, U., 1960. "Afterloading" applicator for radiation therapy of carcinoma of the uterus. *Radiology* 74: 834.
2. Roxo Nobre, M.O. and Vizeu D.M., 1961. Radiation mould with radioisotope solution fluid "Iso-mould". *Nuclear medicine*, 1, 246-257.
3. Henschke, U., Hilaris B., Mahan, D., 1964. Remote afterloading with intracavitary applications. *Radiology* 83: 344-345.
4. Cancer of the uterus in developing areas-Report of the Working Party and Proceedings of a Conference — Rio de Janeiro — May — 1973.
5. Joshin C.A., Smith, C. W. & Mallik A., 1972. The treatment of cervix cancer using high activity Co sources. *B. J. R.*, 45, 257-270.
6. Joshin C.A., Liversage W.E., and Ransey N. W., 1969. High dose-rate treatments moulds by afterloading techniques. *B. J.R.*, 42, 108-112.
7. Silverstone, S.M., 1963. — The intra-uterine tandem technique. *A.M.J. Roentgenol., Rad. Ther. and Nuclear Medicine* 89: 83-86.

Irradiação do corpo inteiro com elétrons de 4 MeV e fótons de 8 MeV

ADELINO JOSÉ PEREIRA*

I — IRRADIAÇÃO COM ELÉTRONS DE 4 MeV

A irradiação com elétrons de 4 MeV está indicada no tratamento de pacientes com lesões de pele, que cobrem grandes áreas do corpo, como por exemplo nas micoses fungóides.

A irradiação com feixe de elétrons de 2 a 4 MeV apresenta uma rápida queda de dose com a profundidade, mesmo com a utilização de grandes distâncias foco-pele. Este fato possibilita a irradiação do corpo inteiro com um reduzido número de campos e com pouco dano para o tecido subcutâneo.

A maior dificuldade para execução de um tratamento com distância da ordem de 3 a 4 metros, com várias incidências é a dosimetria.

Na Clínica de Radioterapia do Hospital Sírio-Libanês, esta técnica foi desenvolvida com um Acelerador Linear Philips SL-75, operando com feixe de elétrons de 4 MeV. Para dosimetria foram utilizados os dosímetros termoluminescentes, a câmara de ionização e a dosimetria fotográfica no "rando-phantom".

A técnica envolve a irradiação a 3,60 metros de distância, utilizando-se 6 orientações diferentes do corpo, e para abranger toda a extensão longitudinal é feita uma combinação de dois campos, para cima e para baixo da horizontal. Portanto, neste planejamento o paciente recebe irradiação através de 12 campos, sendo 2 laterais, 2 anteriores oblíquos, 2 posteriores oblíquos, cada um irradiado 2 vezes com inclinação de 15 graus para cima e para baixo da horizontal.

O rodízio é completado em dois dias, normalmente no seguinte esquema:

1.º dia: Irradia-se os campos: lateral D, anterior oblíquo E e posterior oblíquo E.

2.º dia: Irradia-se os campos: lateral E, anterior oblíquo D e posterior oblíquo D.

A dose máxima situa-se a 0,4 cm de profundidade e a dose na superfície é muito próxima (95%) da dose máxima, pois até atingir a pele os elétrons têm que atravessar uma espessura de 0,45 g/cm² de ar. Inicialmente foi efetuada a dosimetria fotográfica dos campos de irradiação, localizados no plano de tratamento a 3,60 metros. Nesta distância, com a angulação de 15 graus para cima e para baixo da horizontal, existe uma separação de 20 cm na projeção dos campos luminosos. Esta região é irradiada parcialmente pelos dois campos recebendo uma dose relativamente uniforme. O ponto de calibração que foi tomado como 100%, está situado dentro desta região a 114 cm do piso.

A figura a seguir mostra a dosimetria no plano de tratamento, através de medidas realizadas no filme.

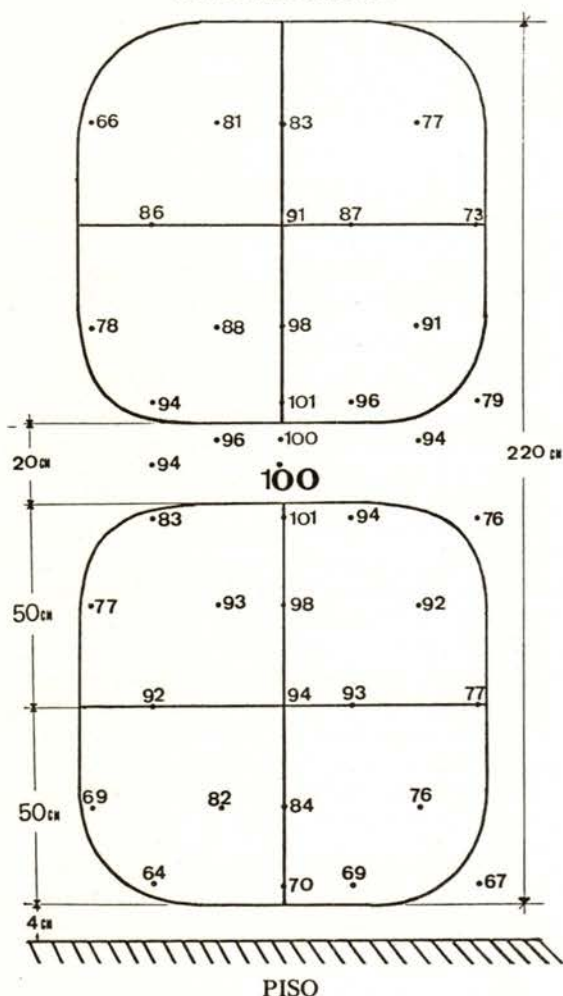
Utilizando-se como simulador do corpo humano o "rando-phantom", procedeu-se a dosimetria em cortes localizados em várias alturas, como cabeça, tórax e abdômen, colocando-se um filme de baixa velocidade entre as fatias do simulador. Os filmes mostraram uma boa distribuição de dose, com uma variação em relação ao ponto de calibração de 15%, no rodízio do planejamento.

Doses muito variadas, de 20 a 100 rad por fração, de 3 a 5 dias por semana, até um total de 2 a 3.000 rad, têm sido ministradas, de acordo com a indicação da radioterapia, que pode ser exclusiva ou combinada com a quimioterapia.

Para tornar o planejamento facilmente executável foi definida a "Relação Tumor-Calibração — RTC", como sendo a relação da dose em rad no ponto de dose máxima, para um rodízio completo do plano de tratamento

*Responsável pelo Serviço de Física do Departamento de Radioterapia da Fundação Antonio Prudente e Presidente da Associação Brasileira de Físicos em Medicina.

VARIAÇÃO DA DOSE NO PLANO DE TRATAMENTO



(12 exposições) e a dose em rad nas condições padrões de calibração do feixe de elétrons utilizado.

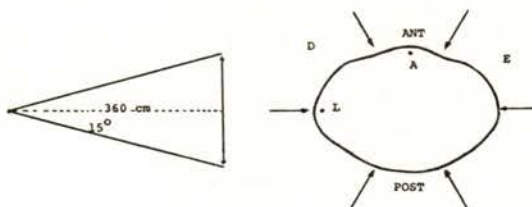
O resultado obtido com o dosímetro Farmer, cuja câmara foi convenientemente adaptada em uma fatia do "rando-phanton", encontra-se na figura seguinte (Dose de Tratamento).

Por exemplo, a dose de 50 rad no corpo inteiro requer a mesma dose monitor do que $\frac{50}{0,095} = 526$ rad no ponto de calibração.

II — IRRADIAÇÃO COM FÓTONS DE 8 MeV

A irradiação do corpo todo (TBI) tem sido utilizada como um agente sistêmico no tra-

DOSE DE TRATAMENTO



CONTRIBUIÇÃO POR CAMPO NOS PONTOS A e L

Campos	Ponto A	Ponto L
Ântero-Lat. E	7,0	0,7
Lateral E	1,0	0,7
Pósterio-Lat. E	0,3	0,3
Pósterio-Lat. D	0,3	3,0
Lateral D	1,0	9,0
Ântero Lat. D.	7,0	3,0
TOTAL	16,6	16,7

Dose monitor = 200

Leitura na calibração = 176

Leitura na irradiação do corpo inteiro = 16,6

$$\text{Relação-Tumor-Calibração} = \frac{16,6}{176} = 0,095$$

$$\text{RTC} = 0,095$$

DOSE NO CORPO INTEIRO = 0,095. Dose calibração

tamento de linfomas disseminados. As primeiras informações a respeito de sua utilização por pioneiros em Radioterapia são relatadas 12 anos após a descoberta dos raios X, por Roentgen, em 1895. Mais tarde, Heublein, no Memorial Hospital — NY, em 1930, iniciou esta técnica de tratamento e em 1942 publicou os resultados de 10 anos de experiência, com notáveis benefícios no tratamento da doença de Hodgkin, linfossarcoma, mielomas múltiplos, leucemias linfática crônica e mielóide. Entretanto, após o desenvolvimento da quimioterapia, esta forma de tratamento foi parcialmente abandonada, até que Johnson, em 1970, publicando os expressivos resultados que conseguiu, motivou os radioterapeutas a prosseguir com as investigações através da irradiação do corpo inteiro.

Os pacientes são tratados com 10 a 25 rad, duas ou três vezes por semana, até um total de

150 rad, sendo submetidos posteriormente a irradiação total do tecido linfóide ou então a irradiação localizada.

Uma limitada hipoplasia medular, com diminuição da contagem dos glóbulos sanguíneos, verifica-se em alguns casos, mas retornam ao normal em poucas semanas.

Raros são os casos que apresentam náuseas ou vômitos e a bibliografia não relata casos de hemorragia abdominal.

A aplicação é feita com o paciente preferencialmente despido, com a cabeça e tórax inclinados anteriormente, as pernas flexionadas (posição semifetal), e os braços estendidos para frente, a 3,40 metros de distância. Irradia-se alternadamente o lado D e o lado E, para melhor homogeneidade de dose. Esta é calculada na profundidade média de várias regiões

anatômicas, existindo uma diferença de 25 a 30%, entre a dose no centro da pelve e a dose no centro da região cervical.

A dosimetria foi realizada com o dosímetro Farmer a 2 cm e em várias outras profundidades para se determinarem as percentagens de dose.

Para reproduzir o mesmo posicionamento em todas as aplicações, desenha-se em cartolina o contorno da sombra do paciente projetada na parede pela luz do campo. Desta forma a localização torna-se simples e rápida.

Estamos analisando a variação de dose nas várias regiões anatômicas através da dosimetria termoluminescente para construção de filtros compensadores e desta forma conseguir uma dose homogênea em todo o corpo.

Dosimetria TL de nêutrons

SHIGUEO WATANABE, Instituto de Física da USP e Instituto de Energia Atômica.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora tenha havido um melhoramento progressivo em detectores e dosímetros de nêutrons desde que o reator nuclear foi introduzido, a necessidade por instrumentos e técnicas melhores tem aumentado mais rapidamente do que os próprios desenvolvimentos. O uso de nêutrons em radioterapia tem corrido mais ainda para essa necessidade. A maioria dos instrumentos e técnicas de dosimetria de nêutrons foi desenvolvida mais para atender a exigências específicas. Contudo, esforços vêm sendo empenhados na generalização da dosimetria em muitos laboratórios. A importância central desta filosofia é o reconhecimento de que é raramente possível medir, adequadamente, todos os parâmetros necessários para caracterizar o campo de radiação ao mesmo tempo, especialmente dentro do corpo humano. Assim, a investigação é concentrada em duas áreas:

(1) desenvolvimento e aplicação de sistemas detectores para medida de parâmetros-chaves do campo, p.ex., o espectro da energia;

(2) um programa de cálculo tão global quanto possível para produzir uma descrição completa do campo de radiação, incluindo as distribuições LET e dose-profundidade, que podem ser verificadas experimentalmente em um só ou poucos passos.

Além da pesquisa na área de instrumentos e técnicas de dosimetria, há um esforço grande em desenvolver princípios teóricos da proteção radiológica e do sistema de intercomparação dosimétrica que seja disponível internacionalmente. O programa contínuo de intercomparações tem sido importante na melhoria de dosímetros de nêutrons, tanto em acidentes como em neutronterapia.

DISPOSITIVOS ESTACIONÁRIOS E PORTÁTEIS

Um dos desenvolvimentos recentes na dosimetria de nêutrons envolve um dosímetro

ativo, baseado no processamento de sinal eletrônico e um cintilador novo. O desenvolvimento de um cintilador orgânico eficiente tornou possível o desenho de um dispositivo de medida de LET, usando uma matriz de esferas pequenas de cintilador embutidas num cilindro transparente e equivalente ao tecido⁽¹⁾. O cintilador produz bastante luz em função da energia depositada pelas partículas de recuo, um requisito para medir percursos suficientemente curtos e baixas perdas de energia resultantes.

Contadores proporcionais contendo hidrogênio ganhou uma aceitação considerável para a medida dos espectros de nêutrons num intervalo de energia de alguns KeV a um ou dois MeV. Técnicas complicadas de computador são exigidas para reduzir os espectros de pulsos em espectros de nêutrons^(2,3), usando as técnicas descritas por Hurst e Ritchie⁽⁴⁾ em seu artigo sobre o conceito generalizado de dosimetria, tal redução de dados complicados pode ser passado por cima se a informação sobre a dose é tudo que se deseja.

Como o conhecimento do espectro de nêutrons é uma base excelente para a determinação da dose de nêutrons, os esforços estão sendo empregados, em vários laboratórios para desenvolver sistemas de espectrometria que sejam particularmente apropriados para proteção radiológica.

(1) J. H. Thornyate *et al.*, *Health Physics Ann. Prog. Report for Period Ending July 31, 1971* — ORNL — 4720, p. 110

(2) P. W. Benjamin *et al.*, *AWRE Report NR 2/64*

(3) E. F. Bennett, 1962. *Rev. Sci. Instr.* 11, 1153-1160.

(4) G. S. Hurst and R. H. Ritchie, 1962. *Health physics*, 8, 117.

UM SISTEMA PARA DOSIMETRIA DE NÊUTRON EM CAMPOS MISTOS DE RADIAÇÃO

Relativamente a este tópico, várias soluções foram propostas nos últimos cinco anos(5). Entretanto o método de emulsão nuclear com todas as suas desvantagens inerentes tais como, elevado threshold de 0,5 MeV e desvanecimento de traços; é ainda o dosímetro de nêutron mais amplamente usado. (6)

A principal razão pela presente situação é a dificuldade de substituir um sistema conhecido por outro que, talvez seja somente ligeiramente melhor na resposta a campos mistos e nêutrons em particular. Por exemplo os diferentes dispositivos de albedo propostos(7) baseados no ^6LiF termoluminescente possui uma supersensibilidade a nêutrons lentos. Por outro lado, mesmo um dispositivo mais sofisticado desse tipo, uma subestimativa da dose de nêutrons rápidos não pode ser evitada. Além disso, suas dimensões e forma parecem ser inconvenientes nas aplicações em grande escala.

A seguir vamos apresentar a dosimetria de nêutrons baseado em TLD. Este é um caso típico de campos mistos, pois, os nêutrons vêm sempre acompanhados de radiação gama.

(a) Método de Auto-ativação do Dosímetro

Nêutrons térmicos

Em 1970/71, Mayhugh, Muccillo e Watanabe(8) descobriram que, ao irradiar o CaF_2 natural (fluorita de Cricúma, Santa Catarina) no reator após o tratamento térmico, o material irradiado passou a apresentar uma termoluminescência considerável, cujo valor lido em intervalos iguais de tempo apresenta uma curva típica de decaimento radioativo. Medida a meia vida, constatou-se que se tratava do elemento ^{45}Ca , formado com a captura de nêutron térmico, isto é, o isótopo ^{44}Ca , com uma abundância natural de 2,06%, contido na fluorita, captura nêutron térmico com uma seção de

choque de cerca de 1,1 barn e torna-se β -ativo, com uma meia vida de 165 dias.

O fenômeno de ativação em si do ^{44}Ca não é novo, mas, pode usar a auto-ativação de um dos elementos componentes da matriz do dosímetro na detecção de nêutrons térmicos é um fato novo. A grande vantagem do processo está no fato de que, após a irradiação ao feixe de nêutrons que vem acompanhado de radiação gama, o tratamento térmico subsequente elimina o efeito da radiação primária direta, portanto, dos raios gama. Daí para diante, a termoluminescência lida depende só da fluência de nêutrons térmicos capturados.

No caso particular da fluorita, existem as seguintes desvantagens:

I. a seção de choque de captura não é muito elevada, embora razoavelmente alta para detectar cerca de $10^8 \text{ n/cm}^2\text{s}$;

II. a meia vida de ^{45}Ca é longa;

III. a fluorita é sensível à luz.

demais para uma leitura rápida.

Conta, porém, com várias vantagens:

I. o material é barato;

II. a fluorita é um fósforo TL muito sensível;

III. a compactação da fluorita misturada a KCl é simples, originando pastilhas resistentes, bastante sensíveis e cômodas de serem manuseadas.

A pequena seção de choque e meia vida demasiadamente longa do ^{45}Ca torna a fluorita um dosímetro menos útil. Na procura de um elemento mais apropriado, encontramos o bromo com as seguintes características:

Isótopo	Abund. natural	ativação	Seção Choque	Meia vida
$^{79}_{35}\text{Br}$	50%	80mBr	2,7 b	4,5 h
		80gBr	10 b	18 min
$^{81}_{35}\text{Br}$	50%	82gBr	3,1 b	36 h

(5) W. G. Gross, 1971. *Health Physics Soc. Annual Meeting*, N. York

(6) F. H. Attix, 1972. *Health physics*, 22, 287.

(7) J. R. Harvey et al., 1969. *Central Elect. Gener. Board RD/B/N 1547*.

(8) M. R. Mayhugh, S. Watanabe and R. Muccillo, 1971. Thermal neutron dosimetry by phosphor activation, *Proc. III Int. Conf. on Lumin. Dosim. Ris*, Denmark, 1040.

Neste sentido foi testado o cristal de KBr, mas este apresenta dois fatores negativos; é ele higroscópico e pouco sensível como material termoluminescente. Procuramos então misturar a fluorita e KBr e a fim de aproveitar a ativação de Br e a termoluminescência (ou CaSO_4).

O teste preliminar mostrou que a mistura é bastante sensível, podendo detectar uma fluência de 10^6 n/cm².s. A proporção ideal que dê uma resposta máxima está em estudo.

A outra vantagem desta mistura está no fato de que ela é compactável com facilidade.

Nêutrons epitérmicos

Se a dosimetria de nêutrons em geral está em estágio não muito adiantado, a de nêutrons epitérmicos é a que se acha menos desenvolvida.

Seguindo a idéia anterior procuramos e encontramos os elementos da tabela abaixo, ativáveis, com uma secção de choque de captura relativamente elevada.

Isótopo	abundância	meia vida	secção choque	energia em eV
¹⁵¹ Eu	47,77%	9,2 h	600 b 40 b 1,2 b 0,1 b	1 1000 100 K 2 M
¹⁵² Sm	26,63%	47 h	668 mb 411 mb 150 mb	24 K 30 K 195 K
¹⁷⁶ Lu	2,60%	6,75 d	6 b 50 b 30 b 15 b 2,5 b 1,0 b 0,4 b	1 10 100 1 K 10 K 100 K 300 K

Até o presente, os testes foram realizados com as misturas de fluorita + Dy₂O₃ e CaSO₄:Dy + Dy₂O₃ com resultados promissores, isto é, a detetabilidade de nêutrons epitérmicos é muito boa. Fluência da ordem 10^7 n/cm².s é registrada sem dificuldade. A fluência mínima detetável, a proporção ótima e o efeito de outros isótopos, Sm, Eu e Lu estão em estudo.

Deve-se salientar que:

A. esses sistemas de detecção usando KBr ou Dy₂O₃ tem a vantagem de medir o efeito de nêutrons puros,

B. a dosimetria é do tipo integral.

Nêutrons rápidos

Pearson *et al.*(9) observaram que esta técnica de auto-ativação é aplicável a nêutrons rápidos através de reações nucleares que deixam o núcleo residual ativado. Mayhugh e Watanabe(10), também, observaram que nêutrons com $E > 2,7$ Mev induzem reação nuclear ³²S(n,p)³²P com uma secção de choque efetiva de 265 mb produzindo ³²P que é β-ativo, com uma meia vida de 343 horas. Então, CaSO₄:Dy pode ser usado para detectar nêutrons rápidos com $E > 2,7$ Mev devido a reação nuclear induzida no ³²S do próprio dosímetro. Este, durante o uso, deve estar envolvido em folha de Cd para evitar o efeito de nêutrons térmicos.

(b) Método de Próton de Recuo para Nêutrons Rápidos

Já comentamos que os nêutrons rápidos podem ser detetados usando uma câmara de cintilação contendo hidrogênio, pelo recuo que eles produzem nos prótons.

Os prótons sendo carregados, induzem termoluminescência. Portanto, é possível usar uma mistura de um material TL e outro hidrogenado, como o açúcar, álcool, polietileno para detectar nêutrons rápidos pelo recuo de prótons que provocam.

Sunta *et al.*(11) investigaram a resposta a nêutrons rápidos de seis detetores TL diferentes: CaF₂:natural, CaSO₄:Mn, CaSO₄:Dy, CaSO₄:Tm, LiF TLD-100 e Li₂B₄O₇:Mn. O pó de fósforo TL foi contido em um tubo radiador de polietileno com parede de 2mm de espessura e foi irradiado com nêutrons de 14 Mev, provenientes da reação T(d,n)⁴He. Como é esperado, os dosímetros de CaSO₄:Dy(Tm) é o que melhor resposta apresenta, permitindo a detecção de uma fluência de cerca de 10^7 n/cm².s.

(9) D. Pearson, J. Wayner, P. R. Moran and J. R. Cameron, 1973. Abstracts from 18th annual Meeting of the Health Physics Society, p. 4.

(10) M. R. Mayhugh and S. Watanabe, 1974. Fast neutron detection by phosphor activation, *Health physics*, 27, 305.

(11) C. M. Sunta, K. S. V. Nambi and V. N. Bapat, 1972. Fast neutron response to TL detectors using proton radiator technique, IAEA/SM-167/10, *Symposium on Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes*, IAEA, Vienna.

Rzyski, Watanabe e Sunta⁽¹²⁾ estenderam a medida usando álcool, açúcar de cana, açúcar de beterraba e pó de polietileno como radiador e fluorita como pó termoluminescente. 2 fontes de nêutrons Am-Be de 2 Ci e 4 de 1Ci foram usadas para irradiação da mistura. O espectro de nêutrons de Am-Be contém 70% de partículas neutrônicas com energia entre 2,5 Mev e 5,3 Mev.

O resultado mostra que:

A. álcool é muito pouco efetivo para produzir prótons de recuo;

B. açúcar e polietileno são excelentes radiadores, sendo o primeiro superior por um fator de cerca de 2;

C. o sistema aqui usado detecta fluência baixa de nêutrons que convertida em rad chega a 10 mrad.

D. tanto o açúcar (por lavagem) como o polietileno (por flutuação) são convenientes na prática; no sentido de poder separá-los do pó TL para a leitura deste.

O estudo de como usar esses dosímetros na prática para monitoração de pessoal está sendo estudado.

(12) Parte da Tese de Mestrado de B. M. Rzyski apresentada ao Instituto de Física da USP.

Dosimetria de elétrons de alta energia

CARLOS E. DE ALMEIDA, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil

ABSTRACT. During the last two decades, high energy electrons generated by linear accelerators and betatrons have been used in radiotherapy.

The physicist has the main job of measuring the radiation output, and others physical parameters in order to assure the right spatial dose distribution to the volume irradiated.

This paper will show some of the properties of these beams, as a basis for the clinical dosimetry.

Experimental data obtained from electrons in the range of 5-30 MeV will be presented.

RESUMO. Durante as duas últimas décadas, elétrons de alta energia, produzidos por aceleradores lineares e betatrons, vêm sendo empregados em radioterapia com um lugar de destaque.

O físico tem como principal tarefa medir o fluxo de radiação, e outros parâmetros, objetivando determinar a distribuição espacial de dose no volume do paciente a ser irradiado.

O objetivo desta apresentação é de mostrar as técnicas mais usadas na obtenção de dados e informações que possibilitem a dosimetria clínica de um feixe de elétrons. A base deste trabalho será uma discussão dos parâmetros físicos, medidas de dose absorvida, técnica de controle do feixe e medidas das características do feixe.

Serão apresentados dados obtidos com elétrons de energias entre 5.0 e 30.0 MeV demonstrando a validade de sua utilização no tratamento de determinados tipos de tumores, como técnica única ou combinada com outros tipos de radiação.

A — INTRODUÇÃO

Durante as duas últimas décadas o uso de elétrons de alta energia tem cada vez mais uma maior aceitação dentro das possíveis técnicas de escolha no tratamento de lesões malignas.

A função do físico é de medir o fluxo de radiação, dentre outros parâmetros, objetivando uma distribuição espacial de dose no volume irradiado.

Neste trabalho tentaremos discutir os aspectos físicos de feixes de elétrons em radioterapia, abordando certas transições que ocorrem com o objetivo de se avaliar a dose de radiação em determinado ponto num meio equivalente ao biológico.

B — ASPECTOS GERAIS

1 — Energia do Feixe

Os aparelhos comumente usados para acelerar elétrons com a finalidade terapêutica são o betatron (Kerst, 1941) e o acelerador

linear (Skaggs *et al.*, 1955) (LINAC). Em ambos, os elétrons são acelerados em grupo, gerando uma saída em forma de pulso. No betatron o processo de aceleração é através de um aumento do campo magnético produzindo um tipo de feixe que para fins terapêuticos pode ser considerado monoenergético. Entretanto, as modificações introduzidas na extração destes elétrons, para que atendam às exigências da terapia, como homogeneidade ao longo de campos de até 30×30 cm, causam graus de degeneração no feixe que devem ser controlados. A energia dos elétrons pode ser variada através da modificação do campo magnético ou do tempo de aceleração.

No (LINAC), o processo de aceleração se faz através do uso de ondas de radiofrequência ao longo de guias de onda, e os elétrons que ficam fora de fase serão eliminados para que não gerem componentes de baixa energia no espectro final. A energia pode ser variada continuamente alterando-se os valores da onda RF. Para fins terapêuticos a distribuição pode ser considerada como monoenergética.

A fim de se homogeneizarem os elétrons, para uma área grande, considerando-se que suas dimensões são em torno de 2mm^2 na saída do tubo de aceleração, folhas de espalhamento de materiais como chumbo, cobre e latão são usadas mais freqüentemente, causando entretanto, alterações de ordem apreciável no espectro. Uma outra alternativa, mais elegante é usar campos magnéticos, os que, além de homogeneizar o feixe, não introduzem nenhum artefato ao mesmo.

A energia cinética dos elétrons e o seu espectro são alterados por perdas de energia na janela do tubo de aceleração, nas folhas de espalhamento, na câmara de monitoração e no ar entre a janela e o plano de tratamento. Recomenda-se considerar, portanto, para fins de identificação da energia, o seu valor no plano de tratamento E_0 selecionado a partir da energia inicial E_A e energia perdida durante o seu trajeto E_{tot} .

$$E_0 = E_A - E_{\text{tot}}.$$

E_{tot} (Mev) = Poder frenagem Total Mev $\frac{\text{cm}^2}{\text{gm}}$ $\times$ Espessura do material cm $\times$ densidade material gr/cm^3 .

2 — Espectro

Como foi mencionado anteriormente, a qualidade de radiação é caracterizada pelo seu espectro o qual afetará os parâmetros que tenham relação. De uma maneira geral o espectro é formado por a) elétrons primários; b) secundários e c) elétrons liberados pela reabsorção dos raios X (bremsstrahlung) produzido nos colimadores e dentro do meio. O espectro na superfície de saída de um absorvedor em comparação com o de entrada indicará a magnitude do efeito no material, bem como a contribuição de elétrons secundários (de Almeida, Hogstron e Almond, 1975)

3 — Métodos de Medida de Energia

Com o objetivo de caracterizar a energia de um feixe de elétrons como um parâmetro singular, três métodos podem ser usados: a) ativação de determinados materiais; b) detector de radiação Cerenkov; c) máximo de alcance dos elétrons.

O método de ativação requer que se varie a energia dos elétrons continuamente e em pequenos intervalos (o que não é facilmente possível com Linacs), um contador tipo Geiger-Müller ou contador de cintilação (de Almeida e Almond, 1974a).

A não existência de materiais com seção de choque que permitam sua ativação num largo espectro de energia limita também sua utilização em grande escala.

O método de detecção de radiação Cerenkov (de Almeida e Almond, 1974b) requer equipamento especial, porém, como foi demonstrado, ele se constitui no procedimento mais acurado, no presente momento, se colocarmos de lado a espectrometria magnética devido a sua complexidade.

O método mais prático de ser usado é o máximo alcance dos elétrons, e este, se conduzido propriamente, obterá as informações necessárias com resultados muito bons, não requerendo equipamento especial e utilizando fórmulas já bem estabelecidas (Markus, 1961) tais como:

$$R_p = K_1 E_0 - E_1$$

ρ (gm/cm^3) = densidade

R_p (cm) = máximo alcance dos elétrons definido pelas constantes K_1 e K_2 cujos valores são .376 e .521, respectivamente. Deve-se ter cuidado com parâmetros que possam afetar o procedimento, tais como, diâmetro do campo, tamanho do detector e divergência do feixe (de Almeida e Almond, 1974a).

Normalmente usam-se condições normais de distância de tratamento, com a folha de espalhamento e câmaras de monitoração na posição devida. A energia, na superfície do phantom, é então determinada.

C — DETERMINAÇÃO DE DOSE ABSORVIDA

1 — Conceitos Gerais

A fig. 1 mostra um arranjo típico usado para medir dose absorvida, D_m , num dado meio, num ponto P. A pequena parte do meio é substituída pelo detector, cujo tamanho deve ser suficientemente grande para permitir interação da radiação e gerar um sinal mensurável. Estes conceitos se aplicam a todos os tipos de detectores e.g. calorímetros, câmaras de ionização, dosímetro químico, termoluminescentes e fotográficos.

A dose absorvida pelo dosímetro D_i é medida, e D_m é calculada pela relação Bragg-Gray.

$$D_m = D_i \cdot S_{mi} \cdot P_{mi}$$

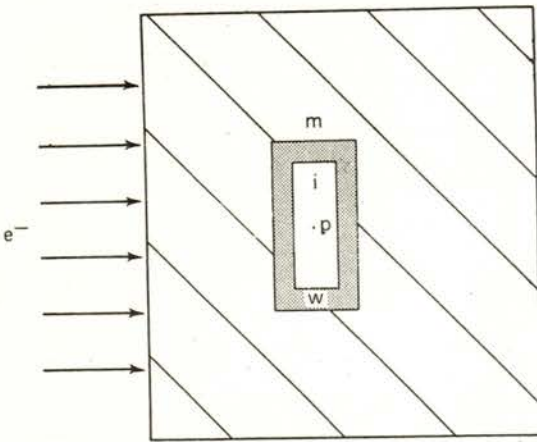


Fig. 1. Diagrama mostrando a presença de um detector num meio irradiado por elétrons.

onde S_{mi} é a razão do poder de frenagem do meio para o dosímetro, o P_{mi} é fator de perturbação que corrigirá os distúrbios causados ao fluxo de partículas pela presença do detector.

Valores para S_{mi} são encontrados na literatura (ICRU, 1972) já contendo correções para o efeito de polarização. Considerando que a presença do dosímetro dentro do meio cria uma transição do espectro de elétrons secundários nas vizinhanças do dosímetro, e sendo cerca de 25% da dose absorvida produzida por estes elétrons, qualquer efeito de interface deve ser suprimido. Geralmente isto é feito construindo-se o detector com composição atômica semelhante ao meio, não se chegando a suprimilo, porém reduzindo-o a um valor insignificante.

2 — Câmaras de Ionização

Usando-se câmaras de ionização tendo o ar como gás, a dose no meio pode ser obtida a partir da dose no gás, de acordo com a relação de Bragg-Gray (ICRU, 1972).

Devido à impossibilidade de calibrar as câmaras exatamente para as energias desejadas, pois os Laboratórios Padrões usam fontes de Co-60 e MeV raios X, e devido a problemas intrínsecos à definição de Roentgen para energias superiores a estas, um artifício é usado para contornar o problema. Alguns autores (Almond, 1970) (Svensson e Petterson 1967) sugeriram que a dose absorvida na água no ponto de medida é

$$D_w = M.N_c.C_E$$

onde D_w é a dose absorvida na água na posição da câmara quando o sistema é substituído pela água com uma idêntica exposição feita.

M é a leitura do instrumento corrigido para Temperatura e Pressão.

N_c é o fator calibração para exposição gerado por laboratório padrão, para uma fonte de Co-60. C_E é estabelecido pela relação abaixo:

$$C_E = A.S_{H_2O,g} \cdot P_{H_2O,g} \cdot \frac{W}{e}$$

onde: A é o fator de atenuação dos fótons de Co-60 na parede da câmara durante a calibração, tendo o valor de 0.985, $S_{H_2O,g}$ é a razão do poder de frenagem na água e no gás, para a energia média no ponto de medida, $P_{H_2O,g}$ é o fator de perturbação, W é a energia média desprendida na formação de um par iônico, sendo e a carga do elétron.

Devem-se tomar cuidados especiais quando usando câmaras de ionização em radiação pulsada, por exemplo, saturação (Almond, 1970) da câmara, efeitos de polaridade (HPA, 1971), efeito do cabo, perturbação (ICRU, 1972) e fator de deslocamento (Feldman, de Almeida e Almond, 1974), (Dutreix e Dutreix, 1966), (Skaggs, 1949); profundidade ótima para calibração da câmara (de Almeida e Almond, 1973) quando do seu uso em phantoms. A fig. 2 mostra uma distribuição típica de elétrons de alta energia na água, obtida com câmara de ionização.

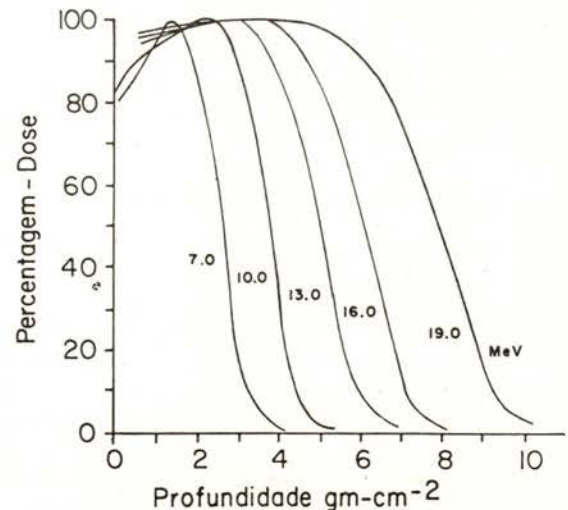


Fig. 2. Curvas de distribuição de dose de elétrons de alta energia produzidas por um acelerador linear.

3 — Dosimetria Química

O sistema de dosimetria química (Shalek e Smith, 1969) mais comumente usado é o sulfato ferroso conhecido como dosímetro de Fricke. Geralmente usa-se um composto de 1mM NaCl em 0.8NM₂ SO₄ ou 0.1 NH₂ SO₄ na água. A sua faixa de uso é 4 Krads para fluxos de 2×10^8 rads/sec de radiação pulsada, usando-se células de absorção de 1 cm no comprimento de onda de 304 nm. Pode-se aumentar sua sensibilidade por um fator 2 usando-se 224 nM ou um fator 10 se células de 10 cm de comprimento forem utilizadas.

A incerteza do método reside na estimativa do número de moléculas de íon férrico formados por 100 eV de energia absorvida, entretanto um valor aceitável é $\pm 4\%$ (Shalek e Smith, 1969).

A sua utilização reduz uma série de problemas como os anteriormente mencionados para câmara de ionização, porém sua precisão é em alguns casos bastante desejável. Ultimamente (Nette, 1976) tem-se conseguido uma precisão de cerca de 2% o que torna encorajador o seu uso.

4 — Calorimetria

O uso do calorímetro talvez seja um dos métodos mais fundamentais na medida de dose, equipamento com grau de sofisticação pouco freqüente em física médica.

Embora sendo o grau de incerteza de medida de $\pm 0.5\%$ a transferência para dose em água resulta numa incerteza total de pelo menos 2% (ICRU, 1972). Calorímetros construídos com carbono ou alumínio têm sido altamente usados para a calibração de câmaras de ionização e sulfato ferroso. Calorímetros para medir fluxo da ordem de 1 rad/seg têm sido desenvolvidos e usados em vários laboratórios padrões com o propósito de aferir feixes de alta energia.

5 — Dosimetria Fotográfica

Em dosimetria com feixes de alta energia têm sido comumente usados como um método fácil e conveniente de se obterem informações dosimétricas e clínicas (Svensson e Petterson, 1967) e mesmo avaliar a energia de feixes de elétrons (Feldman, de Almeida e Almond, 1974). A variação de dose é representada por função de densidade ótica, estabelecida pela curva sensitométrica. Esta função geralmente é

linear para uma faixa apreciável de dose e depende das condições de processamento, temperatura, tempo de revelação e outros (de Almeida, 1973). Variação em torno de 3% no próprio filme também é muito freqüente, o que limita a utilização deste como método absoluto, entretanto seu emprego como método relativo é bastante competitivo com qualquer outro processo, e em alguns casos, devido a sua resolução espacial torna-se até superior. Alguns autores, (Dutreix e Dutreix, 1969), (Markus e Paul, 1953), observaram efeitos devido a camadas de ar, do alto número atômico de componentes do filme e até influências de radiação Cerenkov quando o filme é colocado nu, dentro do phantom paralelo ao feixe, problemas que até certo ponto são contornáveis.

6 — Dosimetria Termoluminescente

O uso de TLD em medida de feixes de elétrons de alta energia tem o seu lugar de destaque em determinação da distribuição de dose, homogeneidade do feixe, e medidas internas quando do tratamento. TLD em forma de sólido, pó ou embebido em teflon ou vidro são as maneiras de se usá-lo.

Os problemas associados ao seu uso são principalmente, calibração e reprodutibilidade, fadind, supralinearidade e dependência energética para elétrons de alta energia, sendo este último ainda em fase de pesquisa. O desvio padrão associado às medidas é da ordem de 3-5%.

D — MEDIDAS DE DISTRIBUIÇÃO DE DOSE

Métodos relativos à definição de dose num ponto num meio irradiado foi discutido. As condições necessárias a estas medidas foram estabelecidas de forma a assegurar o maior grau de precisão e exatidão da medida. As doses em pontos dentro do campo de radiação serão relacionadas ao ponto de calibração pela dose no eixo central e curvas de isodose. Fig. 3 mostra uma curva de isodose característica de um feixe de 16 Mev, obtida com filme, e normalizada para medidas com câmaras de ionização.

E — CONCLUSÃO

Elétrons de alta energia, independente de sua forma de aceleração têm demonstrado características físicas bastante atraentes ao radioterapeuta. A sua indicação na terapia de

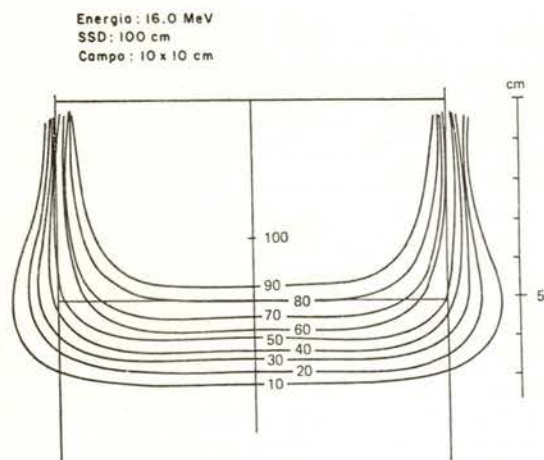


Fig. 3. Curva de isodose típica de elétrons com energia de 16 MeV, usada em radioterapia.

determinados tipos de tumores tem garantido a sua presença num serviço de radioterapia. Existe também um campo de trabalho aberto em determinados aspectos do controle dosimétrico do feixe, o que tem tornado uma área de ampla presença do físico, uma interface entre a máquina e o terapeuta.

REFERÊNCIAS

1. Almond, P.R., 1970. The use of ionization chambers for the absorbed dose calibration. *Int. J. Appl. Rad.* 21.1.
2. De Almeida, C.E., 1973. Dosimetria de elétrons com filmes. *ABFM boletim* N.º 9.
3. De Almeida, C.E. e Almond, P.R., 1973. Protocols for electron dosimetry. *Phy. Med. Biol.* 18, 737.
4. De Almeida, C.E. e Almond, P.R., 1974a. Comparison of electron beams from the Siemens and Betatron and the Sagittaire Linear Accelerator, *Radiology* III N.º 2, 439.
5. De Almeida, C.E. e Almond, P.R., 1974b. Energy calibration of high energy electrons. *Phy. Med. Biol.* 19 N.º 4, 476.
6. De Almeida, C.E., Hogstron, K. e Almond, P.R., 1975. Energy and spectrum determination of high energy electrons using a Cerenkov detector. *Proceeding AAPM Annual Meeting 1975* — San Antonio, Texas USA.
7. Dutreix, J. e Dutreix, A., 1966. Étude comparée d'une série de chambres d'ionization dans les faisceaux d'électrons d 20 e 10 MeV. *Biophysik*, 3, 249.
8. Dutreix, J. e Dutreix, A., 1969. Film dosimetry of high energy electron. *Ann. New York. Acad. Sci* 161, 33.
9. Feldman, A., De Almeida, C.E. e Almond, P.R., 1974. Measurements of electron beam energy with processed film. *Medical physics* Vol. N.º 2, 74.
10. Hospital Physicists Association, 1971. "A practical guide to electron dosimetry"
11. ICRU, 1972. Radiation dosimetry: electrons with initial energies between 1.0 and 50.0 MeV.
12. Kerst, D.N., 1941. Acceleration of electrons by magnetic induction. *Phys. Rev.* 60, 47.
13. Markus, B. e Paul, W., 1953. *Strahlen Therapie* 92, 612.
14. Markus, B., 1961. Energy Bestimmung Schneller Elektronen aus Tiefendosis Kurven. *Strahlen Therapie* 116, 280.
15. Nette, P., 1976. Comunicação privada.
16. Skaggs, L.S., 1949. Depth dose of electrons from the betatron, *Radiology*, 64, 117.
17. Skaggs, L.S., Nygard, J.C. e Lanzl, L.H., 1955. Design and initial operation of 50 MeV LINAC for electron beam Therapy, *Radiology*, 63, 171.
18. Shalek, R. e Smith, C., 1969. Chemical dosimetry for the measurement of high energy photons and electrons. *ANN. New York Acad. Sci.* 161, 44.
19. Svensson, H. e Petterson, S., 1967. Absorbed dose calibration of Thinble chambers with high energy electrons at different depths. *Arkiv für Fysik.* 34, 377

Aspectos metodológicos da simulação

FERNANDO JOSÉ COSTANTI, Escola Federal de Engenharia de Itajubá

1. INTRODUÇÃO AO TEMA

A idéia que apresentamos nesta exposição é muito simples, quase trivial. Serve, porém, para chamar a atenção para o procedimento metodológico envolvido nas técnicas de simulação, principalmente as realizadas com o auxílio da computação.

O tema foi lembrado também por permitir uma vinculação com o conceito de modelo e o processo da modelagem, que desempenham uma função essencial na simulação.

Não pretendemos expor muito mais do que já vem sendo aceito e reconhecido no setor especializado dos simulacionistas, mas que poderá ter escapado à consideração de outros especialistas, cuja eventual aproximação aos instrumentos e técnicas de simulação é altamente desejável para o progresso da pesquisa. Em se tratando de uma área interdisciplinar, a modelagem ou a simulação de sistemas nutre-se dos problemas que lhe são trazidos pelos físicos, químicos, biólogos e economistas.

Principalmente quando a simulação é praticada em um centro de computação, forma-se naturalmente uma comunidade científica, tornando-se vital o emprego de uma linguagem comum e o conhecimento da metodologia mais adequada à utilização dos recursos da simulação e da computação.

Tais recursos se ampliaram enormemente com o desenvolvimento dos computadores eletrônicos digitais, analógicos ou híbridos. Não só a programação disponível como as possibilidades do equipamento aumentaram consideravelmente nos últimos anos. Existe uma verdadeira revolução científica em andamento, provocada pela utilização do computador, e, embora os resultados práticos sejam visíveis e reconhecidos, não temos condições ainda de

prever toda a extensão do impacto metodológico e suas conseqüências, inclusive na formação da nova geração de técnicos e cientistas.

As possibilidades do tratamento numérico e dos processos finitistas, mesmo na área dos sistemas contínuos da Engenharia e da Física, bem como o manuseio de dados extensivos, tornados viáveis através da computação, poderão deslocar os centros de interesse das matemáticas atualmente ainda lecionadas nos ciclos de formação profissional.

A ampliação, portanto, da computação e da simulação não poderia deixar de levantar questões concernentes ao valor metodológico e às implicações epistemológicas, principalmente nas áreas do conhecimento científico, onde a eficácia de sua aplicação não é imediatamente evidente. Com efeito, para sistemas físicos, mecânicos ou elétricos, o uso da analogia, quase sempre fundamentada num modelo matemático, como por exemplo uma equação diferencial, é imediatamente aceito, e os bons resultados bastam para consagrar a validade do procedimento.

Questões mais complexas, porém, tais como as oriundas de problemas biológicos ou econômicos, trazem um número muito elevado de elementos discretos e de inter-relações funcionais, e as analogias e similaridades dos mecanismos envolvidos não parecem tão seguras e convincentes.

Nesses casos é freqüente que simplificações, linearizações e pressupostos produzam uma sensação de insegurança nos resultados, agravada pela dificuldade de verificação experimental de todas as fases do processo ou sistema enfocado. É muito comum que a via computacional ou a simulação de modelos seja então desestimulante para o bioquímico, o biólogo ou o administrador, que poderão abandonar prematuramente o ideal de quantificação e visão global num domínio extenso ou complexo de suas atividades.

*Simpósio realizado durante a 28.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, julho de 1976.

Essa atitude talvez pudesse ser reformulada se o cientista estivesse convicto de que a metodologia envolvida na simulação constituísse realmente um mecanismo fundamental, colocado na própria base da compreensão científica.

2. A CONCEITUAÇÃO DA ANALOGIA

Apesar de a idéia da analogia ser muito antiga, remontando a Pitágoras, Platão e Aristóteles, a sua conceituação rigorosa não é fácil e envolve muitas questões ainda não resolvidas em psicologia e lógica. Nas áreas dedicadas à metodologia das ciências há poucos trabalhos tentando fundamentar a analogia como método e, conseqüentemente, quase nada existe acerca da simulação encarada como uma metodologia em si.

Como assinala Leclercq, não existe uma lógica analógica; o método tem sido empregado antes que sua teoria tenha sido formulada com rigor lógico. Podemos encontrar, todavia, algumas formulações desenvolvidas em Física e Matemática, tais como: análise dimensional, teoria do isomorfismo e homomorfismo, teoria das transposições por semelhança, operações topológicas, de similitude etc., além de uma documentação já considerável sobre modelos e modelagem, em diversas outras áreas do conhecimento.

Já o número de referências filosóficas ao tema da analogia é mais extenso.

Na "Crítica da Razão Pura", Kant criou as analogias da experiência, com a finalidade de explicar o processo do conhecimento empírico. Partindo do princípio de que a experiência só é possível pela representação de uma ligação necessária das percepções, Kant procura uma vinculação das percepções num esquema, que ele retira por analogia com os três modos do Tempo: a permanência, a sucessão e a simultaneidade. As analogias filosóficas possuem todavia um aspecto diferente das analogias no sentido matemático. Enquanto que na matemática elas exprimem a igualdade de duas relações de quantidades, de tal forma que, dados dois membros, o terceiro fica determinado, na filosofia elas exprimem a igualdade de duas relações de qualidade, servindo apenas como princípio orientador.

A primeira analogia de Kant se refere ao princípio da permanência da substância: a substância é permanente em todas as mudanças dos fenômenos e sua quantidade nem aumenta

nem diminui na natureza. A segunda analogia expressa o princípio da sucessão no tempo, segundo a lei de causalidade: todas as mudanças acontecem conforme a lei de ligação entre causa e efeito. Finalmente, a terceira analogia estabelece que: todas as substâncias, enquanto possam ser percebidas no espaço, estão numa ação recíproca geral.

Outros filósofos, por exemplo, Stuart Mill, relacionaram a indução com a analogia, uma vez que para justificar seu indutivismo necessitavam estabelecer uma uniformidade na natureza. Outros ainda, como J. C. Maxwell ou E. Mach, voltaram a enfatizar a importância da analogia na formulação da hipótese científica.

Tais afirmações não são, obviamente, gratuitas. Encontram total apoio, principalmente na história da Física, onde os exemplos de criatividade através do procedimento por analogia são numerosos, seja por assimilação semi-qualitativa de conceitos, seja por assimilação métrico-funcional entre expressões simbólicas.

Percebe-se, nessa citação que fizemos de Kant, o uso do conceito de analogia para justificar a construção do mundo dos fenômenos no quadro espaço-temporal, como é notório no pensamento desse filósofo.

Sabemos que as investigações epistemológicas depois de Kant passaram por diversas outras vias, vinculadas à sociologia, à antropologia e à psicologia. Nessa nova ordem de idéias também é interessante anotar a utilidade do procedimento por analogia, desde os estágios primitivos da apreensão do conhecimento.

Desde que os fatos esparsos vão sendo classificados por analogias, ainda que qualitativas, algumas noções tomam aspectos quantitativos baseados nos conceitos de *maior e menor* ou *mais e menos*. Nessa fase primitiva de quantificação da qualidade podemos observar o papel da analogia como um "certo grau de identidade", ou melhor, podemos observar o processo lógico relacionado a noção vaga de analogia com a noção rígida de identidade. Como assinala F. Gonseth: "A explicação não repousa sob o signo da identidade, da equivalência total ou da adequação perfeita; está sob o signo da analogia, da concordância em suspenso. O fundamento de toda a verdade matemática é uma analogia."

A analogia seria, portanto, a primeira etapa do pensamento na descoberta progressiva da

inteligibilidade do mundo real. Por *assimilações* sucessivas o ser incorpora o desconhecido ao conhecido.

Sabemos quanta importância se dá em lógica ao princípio da identidade, mas a gênese desse conceito deveria fatalmente ser investigada, como realmente o foi, nas raízes biológicas e psicológicas do homem.

Foram os trabalhos de Piaget que lançaram luz sobre a questão lógica, a partir da psicologia experimental, e de uma fecunda hipótese de trabalho, inspirada nas tendências modernas da pesquisa científica.

São justamente essas idéias, cujo resumo apresentamos no próximo item, que utilizaremos como parte de nosso argumento acerca da importância do método da simulação.

3. A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA DE PIAGET

Abandonando as posições extremas, em que a inteligência ora é uma "faculdade" superior, independente, ora um superdesenvolvimento das funções biológicas, Piaget funda os dois aspectos, focalizando a inteligência simultaneamente sob ambos os ângulos, ao estudar as bases psicológicas do pensamento matemático.

A inteligência tem, segundo Piaget, uma dupla natureza: é biológica e é lógica. E, com sua dupla natureza, é uma atividade mental. Sendo atividade, origina-se da necessidade, que traduz um desequilíbrio, e busca, por conseguinte, o equilíbrio, encontrado tanto nas funções orgânicas como nas funções superiores. Nas primeiras tem um equilíbrio estático, enquanto que nas últimas tem um equilíbrio dinâmico. Ambos se formam em estágios sucessivos, ligados por uma construção contínua, com funcionamento constante; esse funcionamento é que assegura a passagem de um estágio para o seguinte.

O equilíbrio entre o ser e o meio (este próximo ou distante, material ou imaterial) é alcançado mediante a adaptação, que se processa sob dois aspectos:

1. assimilação, em que o ser age sobre o meio, transformando-o de acordo com seus esquemas previamente formados;

2. acomodações, em que o meio age sobre o ser, influenciando-o na formação de novos esquemas.

Assim, na assimilação, as estruturas mentais tendem a permanecer enquanto que na acomodação tendem à mudança — duas forças contrárias que agem simultaneamente para a

consecução de um objetivo: o equilíbrio da inteligência plenamente constituída.

Nesse jogo assimilativo-acomodativo, a inteligência passa por três estágios:

1. instinto, que nada mais é do que a lógica dos órgãos, e cuja presença é caracterizada principalmente por um certo ritmo;

2. intuição, formada principalmente por ajustes e correções, numa estrutura que se encontra tanto na percepção quanto no desenvolvimento sensorio-motor, mas numa escala superior muito mais ampla e complexa, sem a periodicidade do estágio 1;

3. equilíbrio, a atividade plena da inteligência (complexo cognitivo-afetivo), que se alcança por meio de agrupamentos operatórios. Tais agrupamentos constituem a forma de equilíbrio final, para a qual tendem todas as funções, das sensório-motoras às representativas. Observe-se, porém, que neste estágio as relações, antes rígidas, são susceptíveis de mobilidade.

Ritmos, ajustes e agrupamentos constituem as três fases do mecanismo evolutivo que liga a inteligência à faculdade morfogenética da vida e lhe permitem fazer as adaptações, ao mesmo tempo ilimitadas e equilibradas entre si, impossíveis no plano orgânico.

Segundo Piaget, portanto, o conhecimento não poderia ser concebido como algo predefinido nas estruturas internas do indivíduo, pois que estas resultam de uma construção efetiva e contínua, nem nos caracteres preexistentes do objeto, pois que estes só são conhecidos graças à mediação necessária dessas estruturas. De um modo geral, as raízes biológicas dessas estruturas e a explicação do fato de que elas se tornam necessárias não deveriam ser procuradas nem no sentido de uma ação exclusiva do meio nem de uma pré-formação à base de puro inatismo, mas das auto-regulações, com seu funcionamento em circuitos e sua tendência intrínseca ao equilíbrio.

A auto-regulação, continua Piaget, parece constituir ao mesmo tempo um dos caracteres mais universais da vida e o mecanismo mais geral comum às reações orgânicas e cognitivas, mesmo que se trate, com efeito, do que no plano do genômio Lerner (1955), depois de Dobzhansky e Wallace (1953), chama de "homeostasia genética", regulações estruturais da blástula, este equilíbrio dinâmico próprio das embriogêneses, denominada "homeorese"

por Waddington, múltiplas homeostasias fisiológicas que regulam o meio interior, não menos numerosas regulações do sistema nervoso, e finalmente regulações e equilíbrios observáveis em todos os níveis de comportamentos cognitivos.

As transcrições precedentes do pensamento epistemológico de Piaget, que encontraram enorme ressonância entre os pesquisadores atuais, bastam, se aceitas, para revelar a idéia de que na base mesmo do processo cognitivo está um mecanismo típico dos sistemas de controle, que conhecemos dos estudos dos principais sistemas em engenharia elétrica e mecânica. Se o ato de conhecer envolve em sua essência um mecanismo de realimentação, de auto-regulação, não nos restará dúvidas acerca da excelência do método que simule esse procedimento.

Construir modelos, elaborar cadeias de símbolos, testar sistemas através de análise de erro, adaptar hipóteses, segundo uma metodologia que se vai tornando clássica na pesquisa científica, deixa de aparecer como um estratagemma ou uma construção artificial para ganhar muito mais substância, por ser um espelho do mecanismo orientador do próprio processo do pensamento.

4. A SIMULAÇÃO E O MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

As recentes críticas e revisões da metodologia das ciências tornaram evidente a inutilidade das classificações e subclassificações dos métodos, bem como o enquadramento das ciências segundo seus métodos próprios. Assim, não é sustentável a afirmativa de que toda a matemática seja exclusivamente dedutiva, nem que a biologia seja primordialmente indutiva.

Preferimos adotar uma atitude mais realista e afirmar que o procedimento usual em qualquer pesquisa é do tipo hipotético-dedutivo, onde indução e dedução se alternam, segundo o clássico esquema: "Induzir para deduzir, a fim de produzir".

De uma forma sucinta, a idéia do método hipotético-dedutivo consiste em propor hipóteses, inferir conclusões logicamente estruturadas, fazer previsões, testar os resultados, comparar com as hipóteses, modificá-las, conservá-las ou ampliá-las.

Se a hipótese conduziu a resultados satisfatórios, não significará, porém, algo como

"perfeitamente certo", ou "rigorosamente correto" pois uma hipótese é sempre uma hipótese, isto é, uma suposição que carece do selo da *certeza*, em sua aceitação lógico-dedutiva.

Segundo P. B. Medawar (Prêmio Nobel de Medicina - 1970), o esquema hipotético-dedutivo apresenta as seguintes características positivas:

1. Faz-se clara distinção entre descoberta e justificação ou prova, agora resolvidas em dois episódios de pensamento separados e dissociaíveis.
2. Aceita-se que a iniciativa para o tipo de ação nitidamente científica provém, não da apreensão de "fatos", mas de uma pré-concepção imaginativa do que poderia ser verdadeiro.
3. O esquema hipotético-dedutivo enseja uma teoria de incentivo especial. Nossas observações não mais se estendem por sobre o universo de observáveis, mas se confinam aos que têm alguma relação com a hipótese investigada.
4. Também permite a contínua retificação ou paulatino ajustamento de hipóteses pelo processo de realimentação negativa.
5. Explica-se simplesmente o erro — o tantas vezes não dar certo a pesquisa científica. O erro científico é então parte ordinária da falibilidade humana: nosso palpite é, simplesmente, errôneo, assumimos ponto de vista errado, formamos opinião equivocada.
6. A sorte, ininteligível no raciocínio indutivo, passa a ter sentido. O acidente feliz preenche uma expectativa anterior, por mais vagamente formulada que haja sido.
7. O esquema hipotético-dedutivo dá o devido peso aos propósitos críticos da experimentação: experimentamos mais frequentemente para discriminar entre possibilidades do que para aumentar o estoque da informação factual.

É no desenvolvimento do método hipotético dedutivo que a técnica da simulação comparece através da elaboração de um modelo (ou simulador) que pode ser inclusive implementado no computador, desde que possa ser colocado em um programa.

A necessidade da simulação surge, de início, quando se percebe que o sistema investigado é complexo ou não permite uma investigação direta. Nesse caso constrói-se um modelo material, que é um sistema similar mais simples ou um modelo formal simbólico.

A simulação é indicada:

a) quando a observação é impraticável (por risco, inacessibilidade);

b) quando é muito difícil encontrar um modelo analítico, matemático ou mesmo leis simples para as hipóteses;

c) quando a solução é analiticamente impossível ou complexa, oferecendo muitas alternativas a serem testadas;

d) quando a experiência crucial é impraticável ou quando se deva decidir por hipóteses alternativas, devendo nesse caso variar as condições do meio ou os parâmetros do modelo.

Além disso, a simulação é particularmente eficiente para fins didáticos ou quando se deseja adquirir bastante experiência na exploração de todas as possibilidades do modelo, de suas variantes estruturais, de seu comportamento face a novas situações.

O modelo permite esclarecer outras hipóteses acerca de inter-relações de elementos do sistema e verificar a relevância de algumas variáveis.

Serve ainda para projetar novos experimentos e facilitar a subdivisão do problema em subsistemas, o que muitas vezes não é possível fazer no sistema real.

Finalmente, a simulação permite mudar a escala de tempo e fazer previsões acerca do comportamento a longo prazo do sistema físico baseado nas propriedades observadas do modelo.

Observemos que o excessivo apego ao método oferece alguns perigos, podendo induzir o investigador a modelos inúteis, irrelevantes e até mesmo prejudiciais, como se tem diversos e conhecidos exemplos na ciência.

5. A TÉCNICA DA MODELAGEM

Utilizamos para a modelagem métodos ou equipamentos auxiliares, isto é, recursos abstratos ou físicos. O mais simples dos recursos abstratos é a descrição verbal, seguindo-se a tabular e a gráfica, que exigem uma linguagem mais depurada, acentuadamente de caráter algébrico. As matrizes e o uso de diagramas de blocos ou conexões tornam ainda mais eficientes as descrições do modelo. Um exemplo é o modelo dos circuitos equivalentes, cujas etapas são:

1ª) a construção de um modelo abstrato por meio de diagrama simbólico;

2ª) a idealização de outro modelo abstrato de igual comportamento; e

3ª) a análise ou a síntese do segundo modelo abstrato, aplicando-se a seguir as conclusões ao sistema em estudo.

Os modelos físicos utilizam o isomorfismo entre diferentes sistemas. Escolhemos para modelo o sistema de mais fácil construção ou o mais cômodo para as medidas, por exemplo, um sistema de componentes elétricos. Na atualidade os mais eficientes auxiliares para modelagem são os computadores: analógicos e digitais.

O computador analógico é um sistema físico (eletrônico) que é utilizado para modelar sistemas abstratos tais como equações algébricas ou diferenciais. Pode servir para propósitos especiais: analisador de redes, analisador de harmônicos, cubas eletrolíticas etc. Pode também apresentar uma aplicação mais genérica: o computador analógico eletrônico, que permite ser programado para cada caso.

O computador digital serve para modelar ou efetuar certas operações básicas de fundo algébrico, lógico ou numérico. O problema inicial, neste tipo de equipamento consiste em realizar um algoritmo lógico, que conduza a um programa de operações com dígitos.

Geralmente leva-se ao computador um modelo já estruturado matematicamente, e, nesse caso, todo o trabalho da investigação estará concentrado no estudo das propriedades de um modelo matemático. O instrumento matemático fundamental para representar sistemas físicos, econômicos etc., é a EQUAÇÃO DIFERENCIAL ou sistemas de equações diferenciais.

A equação diferencial, sendo uma relação entre características dinâmicas, nasce diretamente da medida física ou então resulta da formulação de princípios ou leis. Ao se montar um sistema de equações diferenciais para representar um fenômeno físico, geralmente procedemos a simplificações ou recortes da realidade, a fim de podermos analisar matematicamente o fenômeno.

Nesse caso perdem-se muitas informações, pelas simplificações introduzidas. Por outro lado, os resultados matemáticos da resolução das equações diferenciais apresentam um grau de precisão ou aspectos de complexidade que não correspondem ao fenômeno estudado.

A técnica da modelagem matemática então consiste em procurar um justo meio termo entre a simplicidade e a precisão.

Em geral, os modelos matemáticos se apresentam em dois grandes grupos: os modelados por equações diferenciais ordinárias e os modelados por equações diferenciais parciais.

Os primeiros se aplicam aos casos onde é possível isolar certas grandezas ou parâmetros numa região finita de espaço físico ou de espaço de representação. Em engenharia, por exemplo, as equações diferenciais ordinárias descrevem bem os movimentos das partículas isoladas, das vibrações de pontos materiais, das cargas puntiformes e dos sistemas elétricos definidos por parâmetros concentrados R, L e C.

Os fenômenos ondulatórios, os de propagação de calor e os geralmente dedicados aos estudos de campos, exigem o emprego de equações diferenciais parciais.

Outra divisão das representações matemáticas se refere a sistemas lineares e não lineares. Chamamos de equações lineares as equações cujos coeficientes são constantes ou funções somente da variável independente. Fisicamente, o fato de o sistema ser representado por equações lineares implica em que é válido para tal sistema o princípio da superposição dos efeitos.

Geralmente, ao se modelar matematicamente um sistema, procuramos evitar o caso de sistemas não lineares, através de simplificações ou restrições da faixa de variação das grandezas. Algumas não lineares são catalogadas na técnica, para facilitar ao engenheiro o estudo dos casos onde elas aparecem.

Já os sistemas mais complexos, oriundos da biologia ou da economia, quase sempre não permitem o estabelecimento *a priori* de um modelo matemático. Para sistemas biológicos, por exemplo, a metodologia da simulação deverá seguir alguns caminhos peculiares, pois, como escreveu Warren Weaver, a Física Clássica é a simplicidade organizada, a Mecânica Estatística é a complexidade caótica, e a Biologia é a complexidade organizada.

Num caso típico de modelagem biológica podemos assinalar as seguintes etapas:

a) Escolha do sistema de interesse para a investigação.

b) Escolha das variáveis a serem medidas.
c) Seleção das técnicas de medida e estimativa dos erros.

d) Estimativa do intervalo de tempo significativo para a atividade do sistema e para os transitórios das respostas (s, ms, dias, etc.).

e) Escolha da taxa de amostragem.

f) Escolha dos estímulos, sinais de entrada ou funções forçantes.

g) Observação do comportamento do sistema sem perturbações experimentais (aqui se iniciam os estágios experimentais).

h) Observação do comportamento do sistema com perturbação.

i) Prova de recuperabilidade (capacidade de recuperação ou volta ao estado inicial após a perturbação).

j) Intervenções experimentais para descobrir componentes e conexões internas e externas do sistema.

k) Mapeamento das trajetórias de fluxo de sinal e dos componentes em um diagrama operacional mostrando a conectividade do sistema.

l) Determinação da dinâmica dos componentes isolados.

Neste ponto torna-se necessário "identificar o processo unitário" que subordina os processos dinâmicos componentes. Esta fase analítica é essencial para os estágios subseqüentes de síntese. A seguir vêm os estágios de modelagem.

m) Desenvolvimento de um modelo que incorpore o processo unitário, simulando comportamentos característicos do sistema.

n) Teste do modelo (neste etapa quase sempre será necessário o computador) O mínimo que se espera é que seja adequado aos resultados experimentais. O mais que se espera é que faça previsões de comportamento em circunstâncias não observadas ainda.

o) Teste experimental das previsões.

p) Modificações do modelo em face de resultados e previsões não verificadas.

q) Desenvolvimento de novas estruturas para o modelo e novas espécies de previsões e experiências.

Como observação adicional devemos esclarecer que o estágio indicado anteriormente como "identificação do processo unitário" é o mais importante para a compreensão do fenômeno biológico. O processo unitário é o mais baixo nível desejado pelo investigador para esclarecer o mecanismo em estudo. Se esse

PROCESSOS UNITÁRIOS PARA O CONSUMO DE OXIGÊNIO	
Processos unitários	
1. Ventilação alveolar	Mecânica dos fluidos (fluxo lamelar e turbilhonar)
2. Troca de gás no pulmão	Difusão: Lei de Henry, ação das massas, efeitos de coformação na hemoglobina
3. Circulação do sangue oxigenado	Mecânica dos fluidos e físico-química da hemoglobina
4. Distribuição do oxigênio em regiões extravasculares	Difusão
5. Transporte para células e mitocôndrios	Difusão, Lei de Henry, ação das massas
6. Respiração celular	Cinética do transporte de elétrons ou talvez uma teoria de semicondutores

nível se situa no plano microscópico, molecular ou mesmo atômico, deve ser determinado, pois será o elo natural ou possível entre a ciência biológica, a química e a física, atendendo aos anseios de unidade e simplicidade que é a meta máxima da Ciência.

Para ilustrar, apresentamos um exemplo de caracterização dos processos unitários no estudo do consumo de oxigênio pelo corpo.

REFERÊNCIAS

- Ashby, W. Ross, 1970. *Introdução à cibernética* — Editora Perspectiva S.A., São Paulo.
- Couffignal, L., 1966. *A cibernética* — Difusão Européia do Livro, São Paulo.
- Diderot, Denis, 1967. *Obras filosóficas* — Edições e Publicações Brasil Editora S.A., Rio de Janeiro.
- Frank, Helmar, G., 1970. *Cibernética e filosofia* — Edições Tempo Brasileiro, Ltda., Rio de Janeiro.
- Kant, Emmanuel — *Crítica da razão pura* — Edições e Publicações Brasil Editora S.A., São Paulo.
- Lamouche, André, 1955. *Le principe de simplicité dans les mathématiques et dans les sciences physiques* — Gauthier-Villars et Cie., Éditeurs, Paris.
- Langer, Susanne K., 1971 — *Filosofia em nova chave* — Editora Perspectiva, S. Paulo.
- Leclercq, René, 1964. *Traité de la méthode scientifique* — Dunot, Paris.
- Medawar, P. B. — Indução e Intuição no Pensamento Científico — in *Ciência e cultura*, 26(11): 1003-1010, 27(1): 3-10 e 27(3): 237-243.
- Mesarovic, M.D., 1968. *Systems theory and biology* — Springer-Verlag, Berlim.
- Moles, Abraham A., 1971. *A criação científica* — Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Naylor, H. Thomaz, et alii. 1971. *Técnicas de simulação em computadores* — Editora Vozes Ltda., Petrópolis.
- Piaget, Jean, 1972. *A epistemologia genética* — Editora Vozes Ltda., Petrópolis.

Utilización de técnicas de simulación en la enseñanza de control automático

JAIME FEINSTEIN, Universidad del Sur, Argentina e Escola Federal de Engenharia de Itajubá

RESUMEN. Se discute la posibilidad de la simulación de sistemas en la enseñanza de la teoría de control, considerando las restricciones usuales de falta de tiempo, escasez de medios materiales, poca posibilidad de acceso a sistemas de computación, etc.. Se concluye que, especialmente en control moderno, ello resulta factible vía Diagrama de Flujo de Señal y Computadora Analógica, ya que dichos diagramas ya constituyen un "protoprograma", o programa no elaborado, para ese tipo de computadoras, y la enseñanza de esos diagramas debe de todos modos impartirse ya que constituyen un auxiliar importante en la teoría del control moderno. En control clásico en cambio, sus ventajas son menos evidentes.

El vasto campo de "simulación", aún reducido a la específica aplicación de su uso en la enseñanza de Control Automático, sigue siendo extenso, y no pretendemos en esta presentación efectuar un análisis exhaustivo del tema, es decir, efectuar un listado de todas las formas posibles en que técnicas de simulación ayudan a la enseñanza de la teoría del Control. De hacerlo habría que considerar las posibilidades que ofrecen los dos tipos de computadoras, (digital y analógica), junto con el moderno uso combinado de ambas en forma de computadoras híbridas. Habría que considerar asimismo la gama de equipos especiales para ayudar en la enseñanza del control, muchos de los cuales constituyen equipos simuladores en la más estricta acepción de ese vocablo.

Preferimos en vez restringirnos a un dominio en el que tenemos alguna experiencia personal. Con ello se quiere significar que lo que se hablará a continuación ha sido experimentado durante el ejercicio de cátedras destinadas a la enseñanza del control.

Es sabido por todos que esta disciplina, control, es sumamente vasta. Hoy en día cubre aspectos que penetran en casi todas las disciplinas científicas modernas. Dejando de lado ejemplos aislados estudiados por métodos derivados de la física o matemáticas, se suele considerar que el control, como disciplina unificada, nace a principios de la década del 40 con una gran influencia de técnicas de la ingeniería eléctrica y electrónica, agregándose

posteriormente un significativo aporte de la ingeniería química. Si lo imaginamos como una onda que se va extendiendo a partir de un origen como la producida por una piedra que cae en el centro de un lago de aguas tranquilas al poco tiempo de su nacimiento interacciona con otra onda proveniente de la cibernética, que nace como ciencia algo después /1/, y con otra más, la de las ciencias de computación (*). Pero a diferencia de los sistemas de ondas que se entrecruzan sin influenciarse, aquí se produce una fuerte influencia. La teoría de control toma de la cibernética su visión de integración de ciencias diversas, y la de sistemas "más automáticos" que los simples de "lazo cerrado", y de las ciencias de computación recibe la posibilidad de realizar cálculos de enorme dificultad, e incluso la de incorporar sistemas de computación enteros para controlar procesos complejos "on-line". Pero lo anterior se trajo a colación no para historiar el desarrollo de las ciencias de control, lo que no es objeto de esta charla, sino para justificar la afirmación de que su influencia se hizo sentir inmediatamente en ciencias ajenas a las de ingeniería, o aún en disciplinas tecnológicas, para incursionar desde biología /2/, economía /3/ y modernamente sociología /4/ para citar cien-

(*) En mérito a la brevedad no podemos ser exhaustivos. Otras importantes disciplinas que interaccionan con las de control son las así denominadas "ingeniería de sistemas", y la "teoría de información".

cias de enorme extensión, hasta capítulos especializados de otras, como, dentro de la arquitectura, el planeamiento urbano /5/, o de un sistema de transportes /6/, y dentro de la ya citada biología, a la fisiología /7/.

Lo anterior explica que para poder abordar problemas de campos tan diversos, el control haya tenido que independizarse de ciencias o disciplinas específicas como las mencionadas, y elaborar su teoría independientemente de ellas, lo que fue posible gracias a trabajar con modelos matemáticos, y reconocer que numerosos problemas "físicos" de apariencia diferente obedecen a modelos similares (dentro de aproximaciones razonables). Así una forma moderna de impartir la enseñanza de control es en dos planos netamente diferenciados: el primero comprende la teoría de control; el segundo la correlación entre esa teoría, y ciencias o disciplinas específicas. En forma simplista, podría quizás afirmarse que la enseñanza de la teoría de control para ingenieros y economistas, por ejemplo, puede ser impartida en forma común, pero en las aplicaciones prácticas ella debe ser separada. Así, la forma moderna de implementar la impartición de esa enseñanza a máximo nivel, es decir, en Universidades, es a través de un Departamento unificado de Control, como con los suficientes recursos para disponer de un equipo humano multidisciplinario, que cubra las disciplinas que esa Universidad ofrezca. Si se carece de esta última parte, el Departamento de Control carece de razón de ser, pudiendo ser reemplazado por una o varias asignaturas dentro de una Facultad o Escuela. La parte práctica estaría entonces limitada a la particular disciplina impartida en esa Facultad o Escuela (por ej Ingeniería Eléctrica, o, restringiendo aún más el campo, Ing. Electrotécnica orientación Potencia).

Para acercarnos al tema de esta exposición, y considerando solo el aspecto de la teoría de control, ésta, a nivel de enseñanza, se suele impartir en dos aspectos: "control clásico" y "control moderno" (*). El modelo matemático fundamental del control clásico es la "función transferencia", descripción muy adecuada para sistemas que cumplen una serie de restricciones, entre las que citamos linealidad, invariancia,

ser de parámetros concentrados, instantáneo (el tiempo de transmisión de señales dentro del sistema puede considerarse nulo), sin memoria, etc. (ver 8, sec. 3.4), y menos adecuada cuando alguna o varias de estas restricciones se levantan, debiendo ser reemplazadas por otros modelos (por ej. función descriptora para ciertos sistemas no lineales, cambio de la variable s a $z = \exp sT$ para sistemas discretos, etc., pero nos podemos entrar en esos detalles aquí). El modelo matemático del control moderno es la ecuación de estado, válida también restringidamente pero en condiciones muchos más amplias que el de la función transferencia (tampoco podemos discutir esto ahora). Pero lo que es de interés en relación con el tema de simulación, es que una vez reemplazado un sistema "físico" (**) por su modelo matemático, es ilustrativo mostrar al alumno curvas de correlaciones "entrada-salida", de evolución de señales "interiores" al sistema, y cambios de las anteriores por acción de variación de parámetros del sistema, señales perturbadoras, etc...

Todo experto en simulación sabe que hay numerosas maneras de hacer esto; por ej. ya que se dispone de un modelo matemático, por resolución del mismo en computadora sea ésta analógica o digital, por simulación directa, representando partes del sistema en análisis como subrutinas o subprogramas, y luego reproduciendo las conexiones entre las diversas partes, mediante la construcción de modelos simplificados, pero que no omitan la o las características esenciales a mostrar en ese análisis particular, (si el modelo habría de exhibir todas las características del sistema físico, no podría ser un modelo simplificado), etc...

Pero, (y aquí nos tropezamos con restricciones de índole práctica) normalmente el tiempo es muy limitado, y apenas si alcanza (o directamente no alcanza) para impartir los conocimientos que los planificadores en educación consideran mínimos para la adecuada preparación del alumno, los presupuestos son escasos y se dispone de poco instrumental especial o general, (computadoras), o aún

(*) Otra vez, esto es una sobre simplificación. Podrían considerarse más de dos aspectos (por ej. en un trabajo anterior hemos considerado 4, ver /8/ sec. 4), y además sus interacciones.

(**) Por "físico" se entenderá aquí un sistema concreto perteneciente a una particular disciplina. Por ej. un grupo "motor-generador" para ingeniería electricista, el sistema de control de oxigenación sanguínea para fisiología, o un modelo de precios del producto de una empresa, que pudiera quizás usarse para "optimizarlo", en economía.

disponiéndolo el tiempo que pueden estar a disposición de la cátedra es limitado (lo que sucede habitualmente para equipos de alto precio, y desde luego gran parte de las computadoras lo son), o disponiendo a voluntad de ellas el alumno está insuficientemente preparado como para efectuar una programación en el tiempo que razonablemente puede dedicar a las asignaturas de control, etc...

No existe solución única a esa diversidad de posibles situaciones restrictivas, pero resulta natural que quienes estemos en disciplinas de control acudamos a la teoría de control para buscar orientación acerca de cómo superar dificultades. Aquí, la orientación proviene de una importante rama de la teoría, la del "Control Óptimo". En afecto, "optimizar" es la solución.

Pero qué es aquí optimizar? Es aprovechar métodos que igual deben enseñarse en la teoría, para implementar los programas buscados. Una importante técnica gráfica que tiene aplicación tanto en el control clásico como en el moderno, es la de los "Diagramas de Flujo de señal", debida a Mason/9/. Aquí la suponemos conocida, (*) por lo que sólo diremos que existe una correlación entre sus ramas y nodos con elementos básicos de las computadoras analógicas (potenciómetros, amplificadores e integradores para las ramas, sumadores y puntos de conexión para los nodos).

Con esos reemplazos, los citados diagramas ya constituyen lo que podemos denominar un "protoprograma" para Computadora Analógica. Por "protoprograma" entendemos un programa básico, no elaborado, pero programa al fin. De él, y superados los escollos del "escalamiento" (imprescindible), y reducción del número de elementos (**) (imprescindible en Computadoras de escasa capacidad) se pasa al programa ordinario, inmediatamente implementable.

(*) Además de literatura específica, casi todos los libros de control tienen un capítulo, o al menos una sección, dedicada a ella.

(**) Ella no debe efectuarse cuando lo que se desea ejemplificar son sistemas de estado no totalmente controlable u observable por elementos redundantes, pero nuevamente, no podemos entrar en esos detalles en una charla de carácter general.

Con el sistema implementado, pueden ejemplificarse numerosas situaciones de interés, tanto de análisis como de diseño, pero que no consideramos necesario citar aquí ya que al ser este trabajo destinado a un Congreso de Simulación, no es preciso abundar en más detalles al respecto.

La conclusión del que esto escribe es que por las razones indicadas, la simulación para enseñanza, por razones didácticas, en cátedras de teoría del control, es conveniente efectuarla en Computadora Analógica. No se entran ni siquiera a considerar las clásicas discusiones de Computación Analógica vs. Digital (y ahora vs. Computación Híbrida). El hecho de que coexistan ambos tipos de computadora sin que ninguna haya conseguido desplazar a la otra, es suficientemente indicativo de que ambas poseen ventajas e inconvenientes propios, y en numerosas situaciones ambas pueden ser usadas para resolver el mismo grupo de problemas, siendo en ese caso cuestión de "gusto" o afinidad, o preparación previa, del usuario, el usar una u otra. Lo que nosotros sostenemos aquí es que por razones de optimizar tiempo y enseñanza empleados en la técnica de los Diagramas de Flujo, que *igual* habría que impartir aún si no se tuviese en cuenta la simulación, resulta práctica efectuarla en Computadora Analógica a menos que la índole del problema exceda de las posibilidades de este tipo de computadoras.

Tal por ej. el caso de que la precisión deseada imponga la computadora digital, pero en gran parte de esos casos el problema entonces es de cómputo, y ello escapa al ámbito de la simulación. En otros casos puede usarse la computadora analógica para caracterizar las características esenciales de alguna respuesta, seguido de un programa digital que provee la precisión deseada(*).

Y ahora entramos en la última parte del trabajo: con qué facilidad (o dificultad) se llega al protoprograma? El problema difiere un tanto en control clásico y en moderno. En el primero, si bien puede pasarse fácilmente del

(*) Solo a título de ejemplo se cita /10/, de interés para ingenieros electricistas, donde del diagrama de flujo de señal de una máquina sincrónica se pasa a un programa FORTRAN para determinar la estabilidad de la máquina, en vez de un programa analógico.

modelo usual (en general función transferencia), a los diagramas de flujo de señal (ver /11/, cap. 8 secs. 7 y 8) ello es en realidad innecesario ya que los textos de computación analógica suelen consignar subprogramas o subrutinas correspondientes a las funciones transferencia usuales (ver por ej. /12/, Apéndice B). Una vez familiarizado el alumno con la técnica, puede implementar también con relativa facilidad sistemas más generales, ya que también suelen encontrarse desarrolladas las extensiones usuales de sistemas lineales no invariantes, no lineales (/12/, caps. 7 y 8), u otras. En control moderno el problema cambia de aspecto. Ya no se encuentran en general desarrolladas subrutinas para distintas situaciones (formas canónicas) de las ecuaciones de estado, pero en cambio de ellas es inmediato determinar el Diagrama de Flujo de Señal, e inversamente muchas veces éste en un paso previo para llegar a las ecuaciones de estado. Así que sin esfuerzo adicional alguno ya se dispone del protoprograma, y con él, de la posibilidad de simular al sistema en forma inmediata. Disponiendo de una Computadora Analógica el sistema puede cómodamente simularse dentro de las posibilidades de tiempo de la cátedra.

Finalizaremos esta exposición con un ejemplo didáctico extremadamente simple.

Sea un sistema lineal invariante, de una sola entrada y salida, de función transferencia:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{3s + 7}{(s + 2)^2} \quad (1)$$

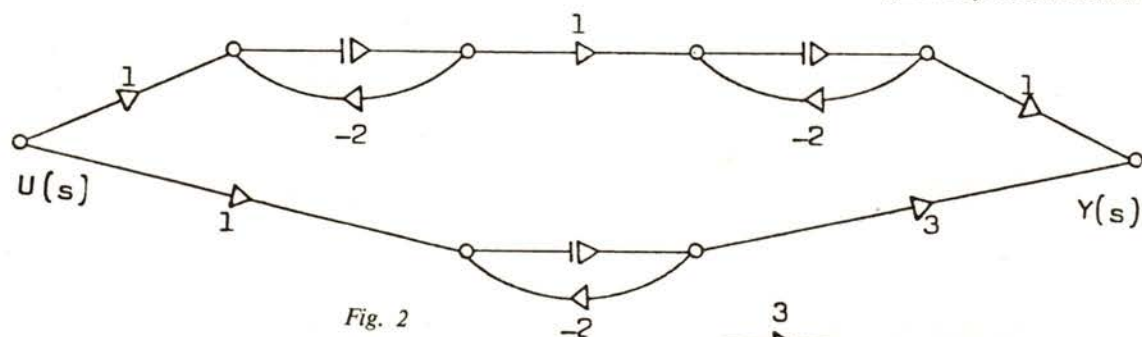


Fig. 2

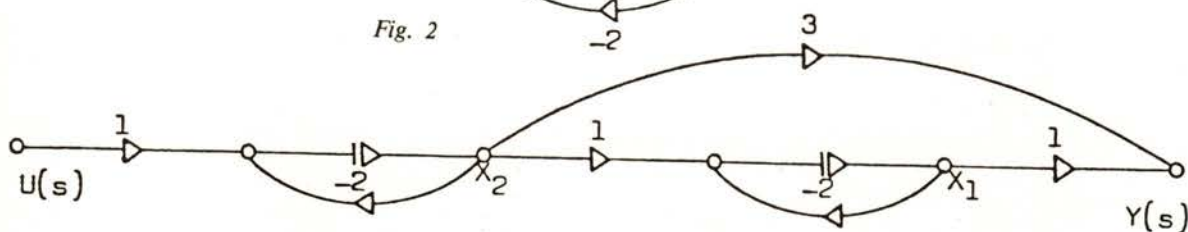


Fig. 3

El problema aquí es encontrar una representación mínima de estado con matriz A en la forma canónica de Jordan y llegar al correspondiente protoprograma de computación analógica. Un desarrollo en fracciones parciales lleva a:

$$G(s) = \frac{1}{(s + 2)^2} + \frac{3}{s + 2} \quad (2)$$

El Diagrama de Flujo de Señal de un término de la forma $k/(s-p)$ se muestra en la figura 1, donde no se indican los nodos de condiciones iniciales ya que el modelo de función transferencia las supone nulas (*). El símbolo $\rightarrow \triangleright$ representará un integrador, y el $\triangleright \rightarrow$ un amplificador.

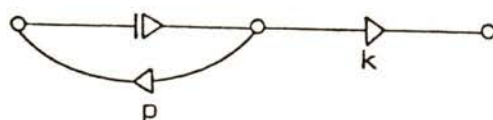


Fig. 1

La fig. 2 es la réplica exacta de (2), representando su rama superior al 1er. término y la inferior al 2.º, ambos del 2.º miembro.

Este diagrama (fig. 2) ilustra una representación "no mínima" (aquí de 3er. orden). Insertando la rama inferior en la superior, lo que puede hacerse ya que el valor del polo simple que ella representa coincide con el del doble de la rama superior, se llega a la representación mínima mostrada en la fig. 3. cuyas ecuaciones

(*) Ningún inconveniente habría en representarlas si la índole del problema así lo requiriese. Solo deben agregarse un nodo y una rama adicionales.

de estado y salida, con la numeración para las variables de estado indicados en la fig. son:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \quad (3)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 3 \end{bmatrix} x \quad (4)$$

habiéndose cumplido los objetivos del problema. Incidentalmente, aquí se puede pedir al alumno que derive las ecuaciones a partir de la fig. 2. Ello llevaría a una representación de 3er. orden del mismo sistema, introduciendo así al alumno en el concepto de "representaciones no mínimas", ventajas de hallar una representación mínima, etc., pero el proseguir esta discusión escapa del tema principal de este trabajo, que por lo tanto será aquí finalizado.

REFERENCIAS

1. N. Wiener, 1948. *Cybernetics* — John Wiley.
2. *Systems theory and biology* — *Proc. of the III Systems Symposium at Case Institute of Technology* — Ed. M. D. Mesarović — Springer Verlag inc., 1968.
3. M. Athans & D. Kendrick — Control theory and economics: a survey, forecast, and speculations — *IEEE Trans on automatic control*, vol. AC-19, N.º 5, October 1974, pp. 518/524.
4. D. W. Peterson — Transferring ideas from engineering to the social sciences — *Proc. IEEE* Vol. 63 N.º 3 March 1975, pp. 354/358.
5. V. Bauer & M. Wagenar — Simulation, evaluation and conflict analysis in urban planning — *Proc. IEEE* Vol. 63 N.º 3 March 1975, pp. 405/413.
6. E. C. Emerson, J. C. Field, P. R. Fouracre, R. G. Williamson — Transport planning in Algeria: A systems approach-automatica — *The journal of IFAC* — Vol. II N.º 13, May 1975, pp. 274/280.
7. H. T. Milhorn, 1966. *The application of control theory to physiological systems* — W. B. Saunders Co.
8. J. Feinstein. Panorama de los Sistemas de Control — *Rev. electrotécnica* — Publ. en 3 partes: Vol. LXI N.º 3, mayo/junio 1975 pp. 87/101 — Id. N.º 4/6 julio/diciembre 1975 pp. 151/161 — 3.ª parte a ser publicada.
9. S. J. Mason — Feedback theory — some properties on signal flow graphs — *Proc. IRE*, Vol. 41, September 1953, pp. 1144/1156.
10. Y. H. Ngo. State space eigenvalues program for stability of regulated synchronous machine — *Proc. IEEE*, Vol. 118 N.º 9, September 1971, pp. 1275/1279.
11. J. J. Distéfano III, A. R. Stubberud, I. J. Williams, 1972. *Sistemas de retroação e controle*, Coleção Schaum, McGraw — Hill, (Trad. del inglés).
12. J. A. Royo dos Santos, 1974. *Computação analógica* — Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. — Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

A simulação de sistemas biológicos

WALTER CELSO DE LIMA, Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica,
Universidade Federal de Santa Catarina

1. INTRODUÇÃO

Quando um engenheiro começa a trabalhar em sistemas biológicos fica frequentemente perplexo com a vasta quantidade de informações necessárias e com a enorme complexidade dos sistemas vivos. Parece, à primeira vista, que o conhecimento comum da engenharia nunca poderia fornecer meios de estabelecer as trajetórias de substâncias ou o fluxo de informações dentro de um sistema vivo e mesmo algumas relações de entrada e saída. Embora não se deseje depreciar os resultados da pesquisa fisiológica, sente-se que se está longe do completo entendimento do funcionamento de um organismo vivo total. No momento deseja-se distinguir entre fatos importantes e fatos desprezíveis com a finalidade de tentar entender melhor certos sistemas biológicos.

O funcionamento de determinadas partes de um organismo vivo e de muitos sistemas de controle fisiológicos são razoavelmente bem conhecidos. Entretanto, as interações entre estes subsistemas são bem menos conhecidas. Em consequência, o funcionamento de um sistema vivo em sua totalidade é um campo de pesquisas muito pouco explorado.

O grande desafio da pesquisa biológica é melhorar nossa compreensão sobre sistemas e subsistemas biológicos e aplicar este conhecimento, tão diretamente quanto possível, no melhoramento da condição humana. O aumento no conhecimento destes sistemas pode ser o resultado ou do estudo do sistema intacto, isto é, o organismo total, ou da observação do desempenho de partes separadas do sistema e neste caso, fazendo inferências acerca do organismo total intacto a partir destes dados. A análise matemática e a simulação tomam um papel crescente nestas atividades. Este trabalho é um esforço para tentar identificar as características do processo de modelagem matemática e da simulação que são mais importantes para a pesquisa biológica.

2. DIFERENÇAS ENTRE SISTEMAS BIOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS

Os sistemas biológicos existem bem antes do próprio homem existir sobre a terra. Sua natureza geral tem sido identificada explicitamente ao longo dos últimos séculos com o desenvolvimento das ciências biológicas. O mesmo pode-se dizer com respeito aos sistemas de controle biológicos, sendo estes mais bem explicados a partir do conceito de "homeostase" definido em 1925 pelo fisiologista Walter Cannon (Jones, 1973). Embora alguns equipamentos de sistemas de controle tecnológicos simples tenham sido projetados há uns 200 anos, foi realmente a II Guerra Mundial que iniciou o desenvolvimento rápido e contínuo de seu conhecimento teórico e prático, referido hoje como teoria de controle, teoria de servomecanismos, engenharia de sistemas e análise de sistemas.

Pode-se identificar a maior diferença entre os sistemas tecnológicos e biológicos como sendo suas origens. Os primeiros não existem até que sejam projetados e construídos pelo homem para servir a um propósito particular e restrito. O engenheiro especifica a natureza do comportamento "desejável" ou "ótimo" e conhece a "anatomia e fisiologia" desse sistema porque o projetou e o construiu. Ao contrário, o biologista confronta-se com um sistema projetado e construído, para propósitos muitas vezes misteriosos e por um engenheiro desconhecido. O estado atual do sistema foi desenvolvido por seleção natural em milhões de anos e pode-se pressupor que o processo experimentou uma variedade muito grande de técnicas de controle relacionadas com uma igualmente grande variedade de problemas. Para o biologista tais sistemas aparecem com muito ruído, muito difíceis de isolar e algumas vezes extremamente relutantes em revelar seus próprios objetivos. Enquanto o engenheiro confronta-se primariamente com um problema

de projeto, o biólogo está em face de problemas indutivos e inversos.

Pode-se assinalar um número de outras diferenças gerais entre sistemas tecnológicos e biológicos. Os sistemas biológicos sofrem daquilo que Bellman chama de "o castigo da dimensionalidade"... (Bellman, 1961), isto é, eles envolvem um grande número de variáveis. Isto resulta parcialmente do fato que qualquer sistema biológico dado (por ex.: respiratório, cardiovascular, ecológico) é ele próprio multidimensional, e segundo do fato que existe um extensivo inter-relacionamento entre sistemas. Isto é associado com a hierarquia de prioridades tanto dentro como entre sistemas. Sistemas biológicos sofrem daquilo que Grodins (1970) chama de "o castigo da redundância". Isto reflete uma excelente característica natural para a melhoria da confiabilidade do sistema, mas é uma barreira real para que o biólogo tente descobrir como funciona o sistema. Outra barreira é a natureza aparentemente ruidosa dos sistemas biológicos. Diz-se aparente porque a maioria deles reflete apenas nossa ignorância sobre os detalhes do sistema. Em contraste com a maioria dos sistemas tecnológicos que tratam de uma "simplicidade organizada", pode-se dizer que os sistemas biológicos são caracterizados por uma "complexidade desorganizada", isto é, alta dimensionalidade, redundância, não-linearidade, ruído e um grande número de componentes aleatórios.

Durante a última década ou mais, a simulação de sistemas biológicos tem sido comparada com a simulação de sistemas tecnológicos numa tentativa de identificar as características especiais da simulação de sistemas biológicos. Costuma-se dizer que o engenheiro está interessado em sintetizar e projetar um sistema (ainda por construir) enquanto que o biólogo está interessado em analisar um sistema existente. Isto certamente é verdade mas pode não ser a maior diferença entre as duas atividades. Enquanto que o biólogo está analisando um sistema existente está também sintetizando uma hipótese e projetando um experimento que tente explicar como o sistema funciona. Existe certamente uma diferença na estratégia da construção do modelo matemático, dependendo se o sistema for real ou conceitual, mas a distinção entre atividades envolvendo síntese, projeto e análise não é neste caso muito nítida (Mihram, 1972).

Tem sido dito também que os engenheiros realizam análises elegantes de problemas im-

perfeitos, enquanto que os biólogos realizam análises imperfeitas de problemas elegantes (Kalmus, 1966). Existe uma parte de verdade nesta afirmação mas ela é desprezível com o passar do tempo. A análise tecnológica está sendo dirigida cada vez mais no sentido de problemas elegantes, enquanto que ao mesmo tempo as atividades de análise do biólogo estão cada vez mais sofisticadas. Para a maior parte dos casos os contrastes entre a simulação de sistemas tecnológicos e biológicos são inexistentes ou estão desaparecendo. Entretanto permanece um ponto de contraste fundamental entre as duas atividades e este ponto diz respeito à disponibilidade de dados de alta qualidade.

3. QUALIDADE DOS DADOS E EVIDÊNCIA INSUFICIENTE

O biólogo é continuamente forçado a tomar decisões, e mesmo tirar conclusões, a partir de evidências insuficientes, se comparado à atividade do engenheiro. No laboratório, a maioria dos dados biológicos são obtidos predominantemente de maneira não invasiva e, em consequência disto, os dados são frequentemente incompletos, imprecisos e infelizmente longe do desejado. Um organismo ou sistema biológico não pode ser desmontado para inspeção, ao contrário dos sistemas tecnológicos que podem ser divididos em partes individuais, quando se pretende identificar as funções de seus vários componentes e subsistemas. Esta restrição é devido ao sistema biológico depender de sua integridade para sua existência viável. Ao se obterem dados por processos invasivos frequentemente se coloca em jogo a integridade do organismo ou sistema biológico e, importante do ponto de vista científico, as medidas invasivas podem interromper processos homeostáticos e bloquear observações experimentais (Stacy, 1973). Existem muitos exemplos de como a necessidade de integridade tem sido um problema real. Por exemplo, fenômenos biológicos em organismos vivos com constantes de tempo muito longas são difíceis de serem estudados pois que animais experimentais preparados cirurgicamente não permanecem em condições biológicas aceitáveis através do período necessário à observação.

O trabalho com evidência insuficiente motivado pela baixa qualidade de dados é inevitável. O processo de construção do modelo deve frequentemente usar descrições de partes componentes que não são melhores que dados qualitativos ou mesmo intuitivos em essência.

Felizmente os dados desse tipo são frequentemente adequados aos sistemas biológicos.

O conhecimento do desempenho de um sistema intacto total, seja ele biológico ou não, necessita do entendimento da função dos subsistemas que compõem o sistema. O estudo de subsistemas biológicos é algo frustrante devido à variabilidade, no tempo, da resposta destes subsistemas. Esta variabilidade, conhecida também como variação biológica, é trivial, ocorrendo entre indivíduos de uma dada espécie ou mesmo entre espécies. O componente mais importante desta variabilidade tem como fundamento a genética e o desenvolvimento ambiental do organismo. O processo de crescimento encoraja o desenvolvimento de subsistemas biológicos que comparados com indivíduos de uma mesma espécie mostram propriedades largamente dissimilares. Este fenômeno parece ao engenheiro como sendo causado por uma deficiência do controle de qualidade biológica, isto é, um bom sistema construído a partir de maus subsistemas ou componentes é suportado devido à tremenda quantidade de redundância no mecanismo homeostático total. Uma malha de controle completa pode estar geneticamente ausente, cirurgicamente removida ou inoperável devido às condições patológicas ainda que o organismo possa continuar a funcionar de maneira normal. Este alto grau de interação e redundância não só complica o projeto e execução de experimentos relevantes mas também necessita do desenvolvimento de hipóteses muito complexas na explicação da função do sistema intacto total.

A simulação serve então para testar a conformidade de uma hipótese. Se o modelo-hipótese é considerado adequado, ele deve quantificar precisamente, numa variedade de circunstâncias familiares, tanto as relações instantâneas entre o número de componentes de um sistema biológico como as variações temporais nestas relações.

4. INTERAÇÃO ENTRE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO

Se uma hipótese for aceitável ela deve ser testada. No campo da pesquisa biológica, testar consiste em fazer observações na natureza ou realizar experimentos em laboratório. Uma hipótese aceitável, por outro lado, deve ser consistente com a soma total de observações experimentais válidas, incluindo as mais recen-

tes. Isto sugere uma metodologia para pesquisa biológica que utilize um ciclo interativo consistindo, alternativamente, de simulação e experimentação:

a) o modelo matemático baseando-se na expressão formal da hipótese;

b) a simulação (a observação da resposta do modelo), em geral usando computadores, avaliando a conformidade da hipótese e fornecendo um discernimento sobre a estrutura e função do sistema;

c) a experimentação, fornecendo o relevante teste científico da hipótese.

A interrupção deste ciclo, ao mesmo tempo interativo e iterativo, pode atrasar a extensão de nosso conhecimento sobre um determinado sistema. Deve-se lembrar que este conhecimento estende-se desde a aplicação dos métodos científicos experimentais ao próprio sistema e não é o resultado da análise matemática.

A partir destas idéias pode-se definir alguns objetivos da simulação de sistemas biológicos, sob vários pontos de vista:

I. Uma das possíveis metas da simulação em sistemas biológicos poderia ser a elaboração de novas teorias ou hipóteses e a geração de novas idéias. Pode-se verificar, por meio da simulação, se uma teoria é realista ou predizer se uma hipótese tem alguma viabilidade a ser posteriormente comprovada pelo trabalho experimental. É fácil também avaliar deficiências em teorias ou hipóteses, ou propor alternativas.

II. A ordenação de informações quantitativas de uma ou muitas fontes é realizada num modelo matemático. Isto é importante quando uma coleção de informações for difícil de ser analisada por inspeção ou experimentos.

III. A simulação é útil, na construção de um mapeamento isomorfo do sistema biológico, isto é, na descrição quantitativa de um fenômeno. Na verdade o modelo matemático é a "output" ideal do ciclo experimentação — simulação. Através da simulação pode-se extrair maiores informações de um estudo experimental de um sistema biológico, culminando de maneira lógica na formação de um modelo matemático analítico (Warner, 1964).

IV. A simulação é útil para predizer resultados de ensaios ou ações que não podem ser testadas experimentalmente. Dentre estas citam-se casos em que o experimento envolve risco excessivo, custo alto, seja moralmente

inaceitável ou inseguro. Exemplos destes casos são possibilidades de novos tratamentos clínicos ou manipulações de sistemas ecológicos (Watt, 1966; Halfon, 1975). Como extensão deste fato, a simulação pode ser usada para projeto ou análise de sistemas complexos. Em particular a simulação pode responder à questão: em que condições, teorias antagônicas predizem resultados experimentais? (Garfinkel *et al.*, 1972).

V. A simulação pode ser útil e desejável economicamente no ensino de sistemas biológicos, pois que permite a um estudante verificar como um sistema biológico se comportará com a manipulação de determinadas variáveis (Bell & Linebarger, 1970; Partridge, 1972; Small, 1974). Evidentemente não se deve confundir esta metodologia de ensino com técnicas experimentais as quais devem ser feitas em experimentos reais. Não se pode, por exemplo, aprender a realização de experimentos em fisiologia pela manipulação de um modelo. Entretanto, é uma realidade que a simulação é uma ferramenta útil no ensino de princípios fisiológicos (Guyton & Milhorn & Coleman, 1967).

No passado, os biologistas que trabalhavam em modelos foram criticados, particularmente em reuniões científicas interdisciplinares, pelo fato de que novos conhecimentos tivessem sido gerados por modelos e que o processo de simulação pudesse substituir a experimentação. Este é ainda o clamor de alguns antiviviseccionistas. Obviamente a simulação não substitui a biologia experimental mas pode em verdade estimulá-la como sendo uma ferramenta adicional disponível para o cientista experimental.

5. A CONSTRUÇÃO DO MODELO COMO UM PROCESSO CRIATIVO

Devido à escassez de dados experimentais geralmente disponíveis, convivem conjuntamente uma variedade de hipótese para uma determinada observação experimental. Aumentando a quantidade de dados experimentais diminui naturalmente o número de hipóteses aceitáveis. Isto estimula que as pesquisas mais interessantes sejam desenvolvidas em áreas onde existe um pequeno conhecimento e a recíproca é verdadeira. É nas áreas onde pequeno é o conhecimento que a construção do modelo, isto é, a construção da hipótese se torna um processo criativo. O problema é que existem

inúmeras hipóteses aceitáveis. O modelo matemático não é único. Muitas hipóteses devem ser construídas e aquela mais atrativa deve ser selecionada como uma hipótese de trabalho. Este é um aspecto bem conhecido da investigação científica. Ainda quando a palavra hipótese é substituída por modelo nas afirmações acima, a discussão parece ter uma nova característica. Quando os modelos são usados num sentido criativo, como o são frequentemente, eles devem ser aceitos como uma proposição específica e objetiva sobre o sistema biológico. Deve-se então ter o cuidado em criticar um modelo da mesma maneira que se critica uma hipótese.

Deve-se também reconhecer desde logo um perigo quando um engenheiro tenta modelar matematicamente um sistema biológico (Lima & Harger, 1975). O engenheiro, ao transferir sua tecnologia e aplicá-la em sistemas biológicos, tem a tendência de não observar as diferenças básicas entre os dois sistemas. Ao aplicar sua tecnologia a sistemas biológicos, o pesquisador pode fazer justamente o oposto, isto é, "moldar" os sistemas biológicos à sua tecnologia, distorcendo completamente os objetivos propostos.

6. O FUTURO. CONCLUSÕES

Um problema em potencial no futuro é o uso de modelos matemáticos como uma forma de comunicação. Os modelos matemáticos são potencialmente uma forma muito eficaz de comunicação, sendo um meio de expressão poderoso e compacto. Em vez disso os processos de modelagem e simulação têm sido criticados como sendo uma forma terrivelmente ineficiente de comunicação. Estas críticas provavelmente não se relacionam com as propriedades inerentes ao processo mas sim com detalhes de execução. As apresentações de modelos matemáticos, em reuniões científicas não especializadas em modelagem, tinham, no passado, um valor muito baixo de comunicação e isto por muitas razões incluindo a ocorrência de uma superabundância de equações com símbolos indefinidos e não discutidos, apresentados num amontoado ilegível de auxílios visuais. Ainda, os modelos têm sido frequentemente de tamanho impróprio para o tempo disponível à apresentação oral.

Os prognósticos sobre a importância da simulação em pesquisa biológica são particularmente animadores uma vez que as hipóteses estão se tornando mais complexas con-

forme aumenta a quantidade de conhecimento. A complexidade destas hipóteses é determinada não somente pela sofisticação de nosso conhecimento mas também pela potencialidade dos computadores atualmente disponíveis. Historicamente, têm sido feitas análises usando expressão verbal ou lápis e papel, e as hipóteses foram incapazes de se relacionarem com situações de interação complexa. Subseqüentemente ao desenvolvimento do computador analógico eletrônico, têm sido testadas hipóteses mais complexas. Atualmente os computadores analógicos, digitais e híbridos, embora reconhecidamente caros, são capazes de trabalhar com modelos muito complexos e bem elaborados. Com toda a probabilidade a simulação tomará uma insubstituível parte na pesquisa biológica, com os sistemas computacionais do futuro sendo capazes de manipular, sem grande dificuldade, modelos matemáticos complexos. Os modelos matemáticos e a simulação continuarão a ser particularmente importantes no projeto dos mais relevantes experimentos e usando ao máximo o trabalho experimental em seres vivos. Acredito ser possível que a simulação possa tomar também uma forma de comunicação dominante no ensino das ciências biológicas.

7. REFERÊNCIAS

- Bell, C.W. & R.N. Linebarger. 1970. Applications of computer modeling and simulation to science education. *Simulation*, 14 (14): 185-190.
- Bellman, R. 1961. *Adaptive control processes: a guided tour*. Princeton Univ. Press.
- Conrad, M. 1974. The limits of biological simulation. *J. Theor. Biol.*, 45 (2): 585-590.
- Garfinkel, D. & J. McLeod & M. Pring & D. Ditoro, 1972. Application of computer simulation to the research in life sciences. *Simulation today*, 5: 17-20, Jul.
- Grodins, F.S. 1970. Similarities and differences between control systems in engineering and biology. In: E. A. Attinger, ed. *Global systems dynamics*. NY, Wiley-Interscience.
- Guyton, A. C. & H. T. Milhorn Jr. & T.G. Coleman, 1967. Simulation of physiologic mechanisms. Part 1: *Simulation*, 9 (1): 15-20, Jul. 1967. Part 2: *Simulation*, 9 (2): 73-79, Aug.
- Halfon, E., 1975. The systems identification problem and the development of ecosystem models. *Simulation today*, 38: 149-152, Dec.
- Jones, R.W., 1973. *Principles of biological regulation*. NY, Academic Press.
- Kalmus, H. 1966. *Regulation and control in living systems*. NY, J. Wiley.
- Lima, W.C. & J.J. Harger, 1975. Um modelo matemático generalizado de transporte de substâncias em sistemas fisiológicos multicompartmentais. *Arq. Cat. Med.*, 4 (3): 125-128, Dez.
- Mihram, G.A., 1972. Some practical aspects of the verification and validation of simulation models. *Op. Res. Q.*, 23(1): 17-29, Mar.
- Nath, N.G. & P. Ghosh & P. Kapur, 1975. On modelling of a physiological system. *Int. J. systems Sci.*, 6 (8): 755-763, Aug.
- Partridge, L.D., 1972. Simulation in biomedical teaching. *IEEE Trans. Biomed. Engn.*, 19 (2): 78-81, Mar.
- Small, Jr, P.A. 1974. Science education: simulation methods for teaching process and content". *Fed. Proc.*, 33 (9): 2008-2013 Sept.
- Stacy, R.W., 1973. Overall integration in the living body. In: J.H.U. Brown & D.S. Gann, ed. *"Engineering principles in physiology"*. Vol. I, pp: 33-43. NY, Academic Press.
- Vichnevetsky, R., 1974. Modeling, simulation and interdisciplinary research. *Technical report n.º 32*. Rutgers Univ., NJ.
- Warner, H.R., 1964. Simulation as a tool for biological research. *Simulation*, 3 (4): 57-63, Oct.
- Watt, K.E.F., ed., 1966. *Systems analysis in ecology* NY, Academic Press.

Modeling, simulation and interdisciplinary research

R. VICHNEVETSKY, Rutgers University, The State University of N. J., Department of Computer Science, New Brunswick, New Jersey 08903

That modeling and computer simulation have become a major component in most segments of applied science may be recognized by even a casual observation of our community. Interesting aspects of this phenomenon upon which I wish to delve somewhat into are:

a) that modeling and simulation have come to play an interdisciplinary role somewhat akin to that traditionally played by the applied mathematics;

b) that the overwhelming power which has resulted from the introduction of computers in the process of scientific research has expanded the application of the mathematical method, through modeling and simulation to disciplines which have been by tradition impervious to the kind of scrutiny characteristic of the exact sciences. Whether this expansion to those new disciplines (sometimes referred to as "soft") has been even moderately successful is a question which is much debated, and far from being resolved (5).

A characteristic feature of older classical texts about simulation in the hard sciences is that they contained many examples, in fact more examples than general theories: everyone knew well then what the problems were, and the new techniques of simulation could be explained by examples better than by theory. The mass-and-spring, level feedback control and, more recently, predator-preysystems have been used profusely to illustrate dynamic systems computer simulation.

By contrast, a characteristic feature of many (although not all) texts about "soft" systems simulation is that they contain generalities, sometimes a great deal of abstract and somewhat philosophical theories, and few examples. This, of course, is mostly the case in the social sciences. Whilst many workers in this field have general ideas of what computer simulation is all about, mostly acquired by

looking over the fence to see what the exact or hard scientists were up to, the "how to go about doing it" is yet unclear in their mind. There are also many texts to be found about case-studies involving modeling and computer simulation of specific systems in these areas: but what can eventually be expected in terms of significance of results of these mathematical modelings and computer simulations is somewhat fuzzy. The resistance to and displeasure about Forrester's and followers work which one finds in certain social science circles are just one example of the present state of affairs.

What is little realized in all this is that the natural sciences, and in particular those which rely heavily on applied mathematics, find themselves in the middle of a transition between two eras. The past era is that which started toward the 16th and 17th century with the works of Galileo, Bacon, Descartes and Newton, in which it came to be recognized that phenomena of nature may be described by laws, that these laws may be expressed by a very specific brand of mathematical equations (those of algebra and calculus) and that solving these equations results in not only explaining, but also in predicting the behavior of natural systems. The development of the mathematical tool went hand in hand with the search for the understanding of nature, and the names of savants of the past centuries are often associated with both mathematics and physics. Well known examples are those of Newton, calculus and astronomy, of d'Alembert, partial differential equations and the vibrating string, of Fourier, mathematical series and the theory of heat, of Hamilton, variational calculus and rational mechanics and of Rayleigh, eigenvalue problems and the theory of sound, to name a few.

It was the case then that only those problems which could be solved analytically with a

certain degree of ease (or approximated numerically with a certain degree of ease) were those which were holding the attention of sufficient numbers of scientists to become the classical background against which applied scientific investigations were being conducted.

Much has been changed with the advent of the computer age. With the dramatic increase of automatic means for computation becoming available, more and more of the problems which could not be solved analytically, or manually by simple enough numerical methods, are now solved by machines on a routine basis.

Past decades have extremely productive in the development of hardware, the adaptation of pencil and paper mathematics to the use of computers and, to a lesser extent, in the invention of new mathematics about computer methods for the solution of scientific problems.

In practically each such case, the relation to the physical problem that was intended to be solved was clear, explicit. The first differential analyzer was conceived in the 1870's by Lord Kelvin who was concerned with obtaining solutions to the differential equations of physics. The development of ENIAC was motivated by the need to solve war-time problems of ballistics. The first electronic analog computers were applied to airplane autopilot design, and John von Neumann's conceptual description of the stored program electronic computer contains ample reference to problems in fluid dynamics (12).

The adaptation of the theories of numerical approximation of past centuries to modern day tools has flourished over the past twenty years or so, again in most cases motivated by specific problems which have their roots in the physical sciences.

One visible result of this is in the recent appearance of a number of new professional journals devoted entirely or almost entirely to computer methods in physics, structural analysis, applied mechanics, water resources, fluid mechanics and the like.

But whereas the mathematics of computation and approximation were for a time at the forefront of the problem solving scene, one may easily identify today many segments of this field which have been overkilled, so to speak, and where further theoretical developments are more pleasing to their originators than useful in

real applications. In effect, they have moved from the "applied" to the "pure", if we are to accept the definition of pure as that which is not be foreseeably applied.

Solving well-posed problems has gradually shifted from a creative, somewhat spectacular activity to the more routine one of writing programs of various degrees of size and complexity. A new era is emerging for many if not most disciplines, in which the creative work has shifted away from problem solution toward formulation. Or, in terms of modeling and simulation, away from simulation toward modeling. To be able to function properly in this new environment, scientists must have both the mathematical and the disciplinary trainings and inclinations. He who is trained only in the mathematics or computation cannot convey to the disciplinary scientist the information needed by the latter to conceive of mathematical models which can lead to needed simulations. Nor can the disciplinary scientists conceive of these models if he does not have an intimate knowledge not only of mathematics, but also of the subtle ways in which they blend with the information processing capabilities of computers. Nor, without that knowledge can he even make an intelligent interpretation of the scope and limitations of computer simulations of systems which are in his province, if they are to be described by abstract mathematical models whose limitations he cannot grasp.

What this points to is a need to revise our views of the division of science in compartmentalized disciplines. Without going as far as advocating a return to the universal kind of higher education which prevailed during the Renaissance, it seems to us that a clear need exists for scientists who are trained in the tradition of exact investigations as well as in at least one of the softer disciplines such as the social and life sciences. It is also clear that research in modeling and simulation of the large and soft systems which are today mankind's concern will foster the growth of interdisciplinary schools, in which scientists of different training will learn to work together and, maybe more importantly, will learn to respect the opinion and kind of knowledge of those on the other side of the proverbial fence between the exact and, by inference, the not so exact sciences.

REFERENCES

1. Burks, Goldstine and von Neumann, 1946.

- “Preliminary discussion of the logical design of an electronic computing instrument”. Internal report, Princeton, June 1946. Reprinted in C. G. Bell and A. Newell: *Computer structures*, New York, 1971.
2. Hardy, G.H., 1940. *A mathematician's apology*, Cambridge, The University Press.
3. Karplus, W. J., 1972. “The four ages of technology and simulation”, *Simulation*, volume 19, N.º 3, September.
4. Kuhn, T. H., 1970. *The structure of scientific revolutions*, The University of Chicago Press, 2nd ed.
5. Wiener, N., 1966. *God and Golem, Inc.*, The M.I.T. Press, Cambridge, Mass.

Intervenção de E. W. Hamburger

1.ª PARTE — APRESENTAÇÃO

1.1 — Os componentes da mesa:

Ubiratan d'Ambrosio, matemático formado na Faculdade de Filosofia da USP, fez doutoramento em São Carlos e depois passou oito anos nos Estados Unidos, onde lecionou em várias Universidades. Há quatro anos voltou ao Brasil para dirigir o Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação da UNICAMP. Aí também dirige um programa de pós-graduação de ensino de ciências (integrado).

Luiz Antonio Rodrigues da Cunha, sociólogo da educação, tem se dedicado a estudo da política educacional brasileira, que descreve claramente em seu livro "Educação e Desenvolvimento Social no Brasil" (ed. Francisco Alves, Rio, 1975). É pesquisador do Instituto de Estudos Avançados em Educação da Fundação Getúlio Vargas, no Rio de Janeiro.

José Artur Giannotti, filósofo também formado na Faculdade de Filosofia da USP, estagiou na França e tornou-se professor da Faculdade de Filosofia. Tem se interessado especialmente pela filosofia da ciência. Afastado da USP força do AI-5 em 1969, trabalha atualmente no CEBRAP em São Paulo.

Ernst W. Hamburger, físico também formado na Faculdade de Filosofia da USP, doutorou-se nos Estados Unidos e é professor do Instituto de Física da USP. Coordena um programa de pós-graduação em ensino de física e é Secretário para Assuntos de Ensino da Sociedade Brasileira de Física.

1.2 — Origem do simpósio

O Conselho Federal de Educação vem procurando implantar a integração do ensino

das ciências exatas e naturais entre si e também, por outro lado, das ciências humanas. Em julho de 1974 baixou uma resolução, de número 30, modificando profundamente os cursos de formação de professores de ciência para as escolas de 1.º e 2.º graus. Esta resolução mexeu com todas as faculdades e universidades que ministram cursos de licenciatura científica e despertou a atenção dos professores e estudantes universitários para a questão. A Sociedade Brasileira de Física estudou a resolução (alguns membros tiveram inclusive um debate com o então Conselheiro Valmir Chagas, autor da resolução) e concluiu, durante a reunião da SBPC do ano passado, em Belo Horizonte, que a resolução 30 traz sérios inconvenientes para o ensino e deve ser revogada ou revista. Esta decisão da assembléia da SBF foi apresentada à assembléia da SBPC, onde se resolveu que seria constituída uma comissão para estudar o assunto. A comissão não foi nomeada. Sugeriu então que, em vez disso, houvesse durante esta reunião em Brasília, dois simpósios: este de hoje, para debater a validade do ensino de "ciência integrada" e outro (amanhã) dedicado à formação dos professores das disciplinas científicas. Nas discussões de hoje e amanhã esperamos que se esclareçam todos os aspectos do problema para que a assembléia da SBPC na 2.ª feira possa deliberar.

1.3 — Tema de hoje

Hoje vamos debater se nas escolas de 1.º e 2.º graus as diversas ciências devem ser ensinadas de forma integrada ou não. A palavra "integrada" tem aqui um significado especial que discutiremos adiante. Claramente a questão transcende cada uma das ciências. A primeira pergunta que se coloca é se existe uma ciência integrada englobando as demais; é uma pergunta de filosofia da ciência, razão pela qual há um filósofo na mesa. Por outro lado a questão é de política educacional, e por isso há

* Simpósio realizado durante a 28.ª Reunião Anual da SBPC, em Brasília, 1976, sendo coordenador: Ernesto W. Hamburger (Universidade de São Paulo). Participantes: Ubiratan d'Ambrosio (Universidade Estadual de Campinas); José A.

Giannotti (Centro Brasileiro de Análise e Planejamento) e Luiz Antonio R. da Cunha (Fundação Getúlio Vargas).

Publicado em *Ciência e Cultura* 29 (4): 410-428.

um sociólogo da educação na mesa. E há dois professores de disciplinas científicas, que são os diretamente envolvidos na questão.

Será interessante fazer um pequeno histórico do termo "integrado" usado para qualificar "ciência". O Conselheiro Valnir Chagas, na indicação que acompanha a resolução 30, cita somente autores estrangeiros em apoio à idéia de integração do ensino de ciências: C.P. Snow, cientista e escritor inglês; De Hart Hurd, professor de Stanford e Denis Chisman, encarregado de ensino de ciências do Conselho Britânico (British Council).

Parece certo que a idéia de "ciência integrada" proveio do exterior(1). A tabela 1 mostra os principais congressos internacionais dedicados especialmente a este tema. O primeiro

TABELA 1 — Principais congressos internacionais e interamericanos sobre Ensino de Ciências Integrada.

Congrès Sur L'Integration des Enseignements Scientifiques.
Organizado pela "Comission Inter-Unions de L'Enseignement des Sciences" do Conseil International des Unions Scientifiques (em inglês, ICSU).
Droujba (Varna), Bulgaria, Setembro, 1968.

The Education of Teachers for Integrated Science.
Organizado pela mesma Comissão. Inter-Uniões do Ensino das Ciências, do ICSU, com apoio da UNESCO.

University of Maryland, E.U.A., 1973.

Seminário Regional sobre Enseñanza Integrada de la Ciencia en América Latina.

Organizado pelo Escritório Regional da UNESCO, Montevidéu, Novembro, 1975.

data de 1968 (organizado pelo Conselho Internacional das Sociedades Científicas), ano em que também se realizou o primeiro simpósio a respeito no Brasil, no âmbito da reunião da SBPC, como mostra a tabela 2. A UNESCO organizou, em 1969, um programa especial para ensino integrado de ciências. Várias agências financiadoras internacionais desempenharam um papel importante (USAID, British Council, Ford Foundation, etc.). Foram desenvolvidos projetos de ciência integrada em muitos países, inclusive em muitos países subdesenvolvidos, como mostra a tabela 3. Parece haver uma forte corrente de opinião de que a ciência integrada é o ensino de ciências mais apropriado para os pobres.

No Brasil o CFE foi atraído pela ciência integrada também porque parecia exigir menos

TABELA 2 — Reuniões sobre ensino de ciência integrada no âmbito dos Congressos da SBPC.

- 1968 (SP) — Ensino Integrado de Ciência do Primário à Universidade.
Coord. A. S. Teixeira Jr.
Integração do Ensino de Ciências Sociais e Humanas com Ciências Exatas no Nível Secundário.
Coord. M.J. Ormastroni.
- 1971 (Curitiba) — II Simpósio de Licenciatura das Ciências.
Coord. Newton Sucupira;
Vice-Coord. M.M. Campos
- 1973 (Rio) — III Simpósio de Licenciatura em Ciências.
Coord. Walnir Chagas;
Vice-Coord. Marcelo M. Campos.
- 1975 (Bahia) — IV Simpósio de Licenciatura em Ciências.
Coord. A. S. Teixeira Jr.;
Vice-Coord. Leda Jesuino;
Participante: Walnir Chagas.

TABELA 3 — Projetos Curriculares Registrados no 9th Report of the International Clearing House on Science + Math. Curriculum Developments. Ed. J. D. Lockard, University of Maryland, 1975. (Levantamento preliminar feito por A. I. Hamburger).

PROJETOS DE CIÊNCIA INTEGRADA		
	Total de Projetos	
África	9	15
Ásia	21	51
Austrália	9	17
Grã-Bretanha	13	46
Europa Continental	(5)	(30)
América Latina	4	17
Canadá	1	5
EEUU	59	203
Total Mundial	127	392

número de professores e menor número de horas de aula. Com efeito, a reforma do ensino de 1.º e 2.º graus, enfatizando a profissionalização (Lei 5692/71) reduziu o número de aulas de educação geral — que inclui as disciplinas científicas — em favor de aulas profissionalizantes. As poucas horas livres para ciências seriam mais bem aproveitadas, segundo o CFE, para ciência integrada. E, em vez de um professor de química, outro de física, outro de matemática e outro de biologia, bastaria um só professor.

Além dessas justificativas de natureza “pragmática”, o CFE também dá argumentos pedagógicos: 1) a suposta universalidade do conhecimento humano, contraposta à excessiva especialização das tradicionais disciplinas de matemática, física, química, etc. e 2) as disciplinas tradicionais de matemática, física, química biologia seriam muito acadêmicas e desligadas da realidade. A “ciência integrada” poderia atacar problemas mais ligados à vida diária.

2.^a PARTE

2.1 — Existe Ciência Integrada ao nível da Pesquisa?

Existem campos interdisciplinares importantes — biofísica, geofísica, bioquímica, etc. — alguns dos quais já estão se transformando em disciplinas independentes. Quando isto ocorre, entretanto, a nova disciplina é tão especializada quanto aquelas que lhe deram origem.

Há também problemas multidisciplinares como poluição, fontes de energia etc. Estes são geralmente atacados por equipes que contam com especialistas em várias áreas. É indispensável, nestas equipes, que cada especialista conheça muito bem o seu próprio campo de trabalho, para poder contribuir no trabalho comum.

Cada disciplina científica hoje trata de vasta gama de assuntos e em grande profundidade. É muito difícil e trabalhoso conhecer bem uma única ciência. Por essa razão existem muito poucos cientistas em todo o mundo que realizem trabalho criativo em várias disciplinas; no Brasil quase não os há.

Em outras palavras, apesar de existirem pesquisas interdisciplinares e multidisciplinares, não existem praticamente “cientistas integrados” como pesquisadores. A imensa maioria dos cientistas, mesmo que trabalhe em problemas multi ou interdisciplinares, pode ser classificado claramente como físico, ou matemático, ou químico, ou biofísico etc. Não existem mais os “filósofos naturais” dos séculos XVII e XVIII.

Cada ciência específica desenvolve um forte arcabouço teórico (paradigma). A física, em particular, tem uma estrutura teórica altamente sofisticada. As teorias, e os conceitos que formam as teorias, não são as mesmas de ciência para ciência. Há alguns conceitos que são

importantes em várias ciências — energia é o exemplo mais óbvio — mas há outros que são específicos. A idéia da evolução e seleção é fundamental em biologia e não tem lugar em física ou química. A quantidade de movimento, importante em física, quase não aparece em biologia ou química.

Em cada disciplina científica, há uma teoria coerente e única. Entretanto, as diversas teorias não formam uma “superteoria”, os diversos modelos não são partes de um grande modelo. Os modos de raciocínios são diferentes, os conceitos são diferentes, as técnicas experimentais são diferentes.

Todas as ciências são criações da mente humana e têm esta origem em comum com as artes, com as ciências humanas, com a tecnologia, o esporte etc. Mas a afinidade entre física e biologia, por exemplo, não é maior do que entre física e futebol, ou entre física e sociologia.

2.2 — Cientistas Integrados?

Além de não existir uma ciência integrada, não existem cientistas integrados, principalmente no Brasil. Quantos professores universitários temos em condições de ministrar cursos de várias ciências? Como então formar professores de “ciência integrada” para as escolas de 2.^o grau?

Aliás, a reforma universitária de 1968, que aboliu as Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras nas Universidades, criou Institutos e Departamentos muito mais estanques do que os anteriores, dificultando até a simples coordenação dos diferentes cursos, para não falar da integração...

2.3 — Especialização e Cientificismo

Um argumento a favor da ciência integrada é a excessiva especialização das ciências específicas de hoje em dia ao nível de pesquisa; isto criaria um clima favorável a uma filosofia cientificista e tecnocrata. Entretanto é pura ilusão imaginar que a partir de um ensino integrado de ciências no segundo grau vai ser afetada significativamente a atividade de pesquisa científica na fronteira. Afinal não é por acaso que as ciências se especializaram, elas se especializaram em função de uma certa realidade cultural, social e econômica dentro da qual a especialização extrema foi de grande valor para o avanço rápido da ciência. Talvez

em condições culturais e sócio-econômicas diferentes o progresso da ciência tivesse sido menos especializado, mas nesse caso estaríamos em outra sociedade e provavelmente não teríamos os conhecimentos de mecânica quântica e física das partículas, para citar só dois exemplos que conheço, que hoje temos. Em outras palavras não é gratuita a especialização que existe nas ciências de hoje e se queremos mudá-la precisamos atuar ao nível da pesquisa e não ao nível de ensino de segundo grau.

Por outro lado a ciência integrada ensinada durante poucas horas semanais provavelmente será puramente descritiva, e dificilmente chegará a alguma aplicação de método científico. Tenderá a uma narração superficial de fatos científicos e tecnológicos, com ênfase em verbalização — uma extensão ao 2.º grau do tradicional ensino de ciências do 1.º grau.

Talvez uma imagem explique melhor o que quero dizer. Muitas línguas diferentes se desenvolveram ao longo da História: português, inglês, francês, chinês etc. Algumas pessoas acreditavam, no século passado, que seria melhor para a compreensão internacional que fosse falada uma só língua em todos os países, e inventaram uma língua para este fim, o *esperanto*. Entretanto, o *esperanto* não foi adotado em nenhum país e hoje na prática não existe. Da mesma forma podemos lamentar que a ciência seja dividida hoje em química, física, biologia etc., mas seria ilusório imaginar que só por esta constatação e por definirmos uma

nova ciência integrada, esta ciência integrada realmente passe a existir e venha a substituir as outras.

2.4 — Ciências Naturais e Humanas

A ênfase das discussões de “ciência integrada” têm sido sobre a integração entre as diversas ciências naturais e matemática, deixando de lado a sociologia, história etc.

No entanto, uma das maiores carências do ensino de ciências naturais e matemática é que estas disciplinas são apresentadas como dadas, como independentes das condições sociais, políticas, econômicas e culturais, como neutras e absolutas. Esta mistificação da ciência tem implicações ideológicas claras. Se há alguma integração importante a ser feita é justamente ensinar a ciência como uma atividade humana sujeita às mesmas influências que as outras atividades; preconceitos, superstições, pressões sociais, políticas e econômicas etc. O papel da ciência na sociedade, e especialmente nas sociedades subdesenvolvidas, não é analisado criticamente no ensino de ciências em geral.

REFERÊNCIAS

1. Amélia Império Hamburger - *Estudo sobre a nova política educacional do ensino secundário e o conceito de ciência integrada*, a ser publicado.

Base para uma integração do ensino de ciências

UBIRATAN D'AMBROSIO, Universidade Estadual de Campinas

Num trabalho sobre "Tradição e Criatividade em Ciências", apresentado no Simpósio sobre "Cultura Brasileira", nesta mesma Reunião Anual, discutimos a necessidade de criar uma tradição científica nacional, que irá permitir à nossa produção intelectual ter os componentes de originalidade, autenticidade e relevância que lhe possibilitarão mais rapidamente se transformar num fator de melhoria de qualidade de vida de nosso povo. Naturalmente, não se propõe a reconstrução do edifício científico, e muito menos a criação de uma ciência brasileira, o que seria de uma ingenuidade primária. No entanto, trata-se de influenciar o desenvolvimento científico do país por elementos externos à estrutura do edifício científico. Em linguagem muito direta, trata-se de colocar a prioridade do esforço científico brasileiro não no avanço da própria ciência, mas no avanço de nosso povo, não na resposta a estímulos que o próprio desenvolvimento da ciência gera, mas a estímulos gerados pelo contexto sociocultural em que a ciência se situa. Não temos dúvida de que o desenvolvimento da ciência, sujeita a uma ordem de estímulos gerados pelo contexto em que ela se situa, tomará características diversas do que é obtido num esquema de busca de estímulo ao desenvolvimento de teorias no próprio contexto dessas teorias. Provavelmente, essa será uma ciência internacionalmente menos prestigiosa, menos atrativa para os círculos científicos internacionais, por não atender às prioridades nacionais em que esses círculos se situam, mas certamente de efeito mais imediato no que diz respeito ao atendimento de nossas aspirações. Possivelmente, haverá mesmo incompatibilidade em satisfazer o modismo dos prestigiosos círculos científicos internacionais e fazer uma ciência motivada pelo critério sociocultural em que ela deva se situar.

Não desejamos nos ater a aspectos sociológicos, históricos e filosóficos da integração das ciências, referindo o leitor às ob-

servações e referências bibliográficas do Capítulo 3 do nosso relatório apresentado à seção B-3: Objetivos e metas da educação matemática, do 3.º Congresso Internacional sobre Educação Matemática, que se realizará em agosto de 1976 em Karlsruhe, Alemanha. Vamos concentrar nossa atenção na discussão de estratégias para a integração das ciências, em todos os níveis de seu ensino, o que necessariamente implicará em considerações de ordem sociológicas, históricas e filosóficas.

Creio que os especialistas de todas as áreas concordarão com um clima de desprestígio para as diversas ciências, sobretudo no conceito do público, que é quem, em última instância, deve se beneficiar da estrutura escolar, e necessariamente deve opinar sobre ela. Num dos números recentes de *Science*, Stephen Toulmin compara o estado da Ciência de hoje com o da Igreja no século XVI, com o povo cansado de ser excluído das "cortes eclesiásticas" da ciência. Diz ele que o cientista-sacerdote está em vias de ser destronado. Se analisarmos a estrutura do ensino de ciências por disciplina, procurando construir os esquemas lógico-formais que constituem as várias ciências, pode-se prever sua não aceitação, em grande parte decorrente de falta de relevância imediata para a solução dos problemas básicos que preocupam a sociedade. O caso da Matemática é particularmente grave, mas as outras ciências também incorporam um aspecto auto-alimentador para justificar sua permanência nos currículos. Tal se dá não apenas no que se refere à opinião pública, mas também e sobretudo nos resultados obtidos. Exemplo típico é o ensino das quatro operações que ainda domina o ensino da matemática no nível de 1.º grau, tendo como objetivo por excelência, ensinar a calcular. Mas o que se vê como resultado é a grande maioria das crianças de 5.º ano incapazes de cálculos os mais simples. Com o risco de tornar a escola ainda mais elitista, pelo reforço dos esquemas tradicionais de avaliação,

e de atender ao clamor cada vez mais insistente de mais "rigor", de "não deixar passar quem não sabe", com absoluta desconsideração das condições sócio-econômicas, inclusive a alimentação inadequada e insuficiente de crianças que freqüentam as escolas, iríamos colocar o esquema de educação democrática, com possibilidade de acesso de todas as classes, em cheque. Não se trata de melhorar o que vem sendo feito, pois o que está sendo posto em prática, resquício da incorporação da escola profissional à escola aristocrática durante o fortalecimento da burguesia, é absolutamente inadequado a uma nova realidade em que se associa às aspirações de acesso a uma situação econômica mais privilegiada, presentes nas classes mais pobres, um enorme esforço nacional para desenvolver o país. Vemos aí combinados dois aspectos aparentemente conflitantes da educação: estender as oportunidades a todas as classes sociais, preparando a nova geração para competir por empregos que serão mais e mais sofisticados, e identificar uma elite científica que levará o país a competir, com dignidade, com os países mais desenvolvidos e industrializados. Algo semelhante ocorreu, como mencionamos acima, com a revolução industrial, quando se viu as escolas artesanais e os grêmios profissionais melhor adequados à nova estrutura empregatícia, forçando a aristocracia a incorporar em seu sistema escolar, ainda aristotélico, aqueles componentes que habilitavam as novas gerações dessa mesma aristocracia a competir e manter suas posições com relação à burguesia. Naturalmente, a escola daí resultante conservou o caráter elitista, que agora começa a ser questionado. Talvez esse questionamento se faça sentir mais marcadamente no nível superior, onde considerações puramente numéricas nos situam no problema. De fato, como bem mostra Dragoljub Najman em seu abrangente "L'enseignement supérieur pourquoi faire?", nos últimos anos as instituições de ensino superior passaram de seis milhões a mais de cem milhões de estudantes. O corpo docente passou de cerca de meio milhão a quase quatro milhões. Obviamente, este enorme aumento no número de professores faz com que seja incorporada ao sistema docente uma grande quantidade de jovens, compartilhando as angústias e aspirações de seus alunos. Inevitavelmente, toda a concepção de educação muda. O mesmo fenômeno ocorre nos 1.º e 2.º graus. Nesse caso, com a incorporação de um professorado leigo, o que afeta mais ainda a estrutura tradicional de ensino baseado em disciplinas

conhecidas e já desgastadas. Os novos professores são mais associados aos alunos no processo de aprendizagem, seja por deficiência de conhecimentos, decorrente de insuficiente preparo e de uma sociedade em rápida evolução, com novos conhecimentos e novos questionamentos sendo introduzidos em consequência de rápida evolução dos meios de comunicação de massa, seja por uma identificação íntima com os anseios dos jovens, decorrentes de idades muito próximas ou de origens sociais semelhantes. Nesse esquema, não cabe o ensino de ciências, como de fato de qualquer outra área disciplinar, segundo uma estrutura formal e pré-estabelecida. A escola é onde se troca experiência, e seu objetivo não é outro senão o de formar um indivíduo conscientizado e integrado no seu contexto social, com suficiente flexibilidade e treino para absorver novos conhecimentos e novas técnicas. O quanto de conteúdo o aluno recebeu nessa escola é de menor importância e, conseqüentemente, os currículos pré-fixados perdem seu significado. Com o risco de contraditoriamente construirmos uma educação de massa com instrumentos de avaliação tipicamente elitistas, o esquema disciplinar baseado nos conteúdos clássicos não encontra suporte na nova estrutura escolar que estamos instalando. Principalmente nos países em desenvolvimento, e quanto menor o grau de desenvolvimento mais urgente se faz a libertação do esquema disciplinar, parece-me insustentável a manutenção de um ideal escolar que prepare a massa de jovens em certas especialidades pré-determinadas. Como bem dizia A. W. Whitehead no seu "Aims of Education", a solução é eliminar o tratamento das disciplinas como o caminho que conduz aos objetivos que temos em vista pois, na realidade, o único assunto a ser tratado é "vida em todas suas manifestações", e não "álgebra — que conduz a nada; geometria — que conduz a nada; ciências — que conduz a nada etc."

Não vemos outra possibilidade de abordar o ensino de ciências senão por meio de módulos ou unidades de ensino, em vários níveis, que alimentam um esquema montado em uma sensibilização ampla do aluno. Enquanto tradicionalmente o esforço estava em transferir um certo conteúdo, ele passará a ser a identificação de áreas de interesse e de motivação, naturalmente ligada a uma realidade presente e não artificialmente criada pelo esquema das disciplinas tradicionais. Uma vez gerada a necessária sensibilização para o uso de um instru-

mental, que é como deve ser encarada a ciência, isto é, uma linguagem mais fina que a linguagem comum para simular fenômenos reais, usando uma linguagem devida a René Thom, tal instrumental será utilizado, na forma de unidades auto-suficientes, para a análise desejada da situação. Uma variedade de instrumentais, em níveis os mais variados, serão armazenados num tipo de "banco de unidades" e uma metodologia de acesso a conhecimento armazenado nessa forma será parte essencial do treinamento do jovem. Os três componentes: motivação baseada em experiência vivida, metodologia de acesso a conhecimento, e unidades de conhecimentos inter e intradisciplinares, é que deverão constituir o esquema escolar. Como consequência natural, a avaliação é eliminada e substituída por uma avaliação construtiva, estimulante à procura de novos módulos de conhecimento, módulos esses que, integralizados, produzirão um corpo de conteúdo incorporando o conteúdo tradicional das várias disciplinas e mais outras formas de conteúdo inacessíveis na estrutura disciplinar tradicional.

Utopia? Certamente não mais que se pretender montar uma estrutura educacional tradicional que cubra todas as necessidades do país, atingindo os 25 milhões de crianças em idade de freqüentar escolas de 1.º grau. Não discutimos apenas a inviabilidade de se estender o ensino tradicional, por disciplinas, a todo o país. O ponto é a absoluta inconsequência desse ensino para as aspirações nacionais e, sobretudo, o caráter elitista que é inerente ao esquema, além de absoluta falta de flexibilidade para permitir que acompanhem os rápidos avanços científicos e tecnológicos. O atual sistema de ensino, principalmente no que se refere à ciência e suas consequências tecnológicas, nos condena a uma posição de permanentes recipientes de soluções estrangeiras para os problemas básicos de nosso desenvolvimento. A integração, já em nível de ensino e nos próximos anos inevitavelmente em nível de pes-

quisa científica, impõe-se como uma necessidade de desenvolvimento de uma tradição cultural e científica próprias, e como o caminho natural para entrarmos com dignidade em competição com os países mais desenvolvidos.

Nessa competição, é essencial que mais rapidamente de que no esquema tradicional assimilamos ciência e tecnologia avançadas e, ao mesmo tempo, desenvolvamos criatividade para imprimir à nossa produção características próprias e adequadas às nossas prioridades e aspirações. Esse processo de assimilar rapidamente conhecimentos científicos acumulados na estrutura formalizada das ciências, exige a utilização de uma nova metodologia e o uso intensivo de tecnologia educacional moderna, com enorme ênfase em equipamentos eletrônicos como computadores, televisão etc. É uma atitude falsa rejeitar tais meios como instrumentos de uma dependência econômica futura das nações mais industrializadas. Na verdade, a única possibilidade de enfrentarmos, com qualquer possibilidade de sucesso, uma estrutura antagonista é utilizarmos as mesmas armas dessa estrutura. A manutenção de um sistema escolar tradicional é não só um impedimento à expansão de nosso sistema escolar, mas sobretudo um instrumento que manterá as massas, que começam agora a ter oportunidades de acesso social, em situação de competição desfavorável com as crianças das classes mais abastadas, a quem a utilização das máquinas não assombra. Nesse contexto se insere um ensino de ciências dinâmico e integrado, de currículo e conteúdo abertos e sem os esquemas elitistas de avaliação. Parafraseando Pierre Samuel no seu interessante ensaio "Mathématiques, Latin et Sélection des Élites", diríamos que o ataque à integração e estrutura escolar de currículo aberto e avaliação construtiva que descrevemos acima, parte sobretudo de uma elite científica conservadora que vê, nesse próprio esquema disciplinar, um instrumental para manter controle sobre o acesso à sua comunidade.

Ciência integrada para uma burocracia integrada

JOSÉ ARTHUR GIANNOTTI— CEBRAP

Cônvém desde logo marcar de vez e francamente nossa posição: ninguém pode ensinar o que não existe e não acreditamos que exista ciência integrada. Não há dúvida de que o ensino precisa ser integrado, que o professor de Matemática deva fornecer instrumentos e subsídios para o estudo da Física, que este deva preparar o campo para a resolução de problemas de Química e assim por diante. Isto se não considerarmos a proliferação das disciplinas intermediárias, proliferação que evidencia como seria absurdo confinar as ciências em compartimentos estanques. Uma coisa, porém, é imbricação, interdependência; outra, integração que pressupõe uma coesão ao nível da própria teoria. Ora, não é difícil deslindar o engano em que se funda essa pretensa integralidade. Partir da água, do céu, da terra, para mostrar como cada um deles pode ser tematizado por várias ciências particulares, com o intuito de sublinhar a continuidade das teorias científicas, equivale a confundir a individualidade do objeto cotidiano com a individualidade do objeto científico. A água, enquanto H_2O , e a água do historiador, que estuda uma Civilização hidráulica do Oriente, constituem objetos diferentes, na medida em que são diversos os respectivos conceitos que os nomeiam (já que estes se movem em níveis próprios de abstração), diversos o modo de instaurar cada objeto nomeado e o próprio andamento lógico das teorias. Por certo, um investigador tem diante de si a mesma água, que corre pelo Eufrates e se analisa em *moléculas* de hidrogênio e de oxigênio. Mas a prevalência do objeto cotidiano, como ponto de aglutinação de um mesmo que está sempre se enriquecendo com determinações científicas, não deve levar à confusão dos níveis em que a Química e a História tomam esse mesmo objeto, imprimindo-lhe um sentido peculiar, armando para ele uma definição diferente em vista de seus próprios parâmetros teóricos, de sorte que a mesma água cotidiana reaparece reconstruída no final de caminhos divergentes. Posto que para o ob-

jeto científico importa sobretudo seu modo de reconstrução, sua existência, armada pelo pensamento, não se confunde com a existência das coisas aí. A Química propriamente não estuda a água, mas átomos de hidrogênio e de oxigênio *combinando-se numa certa proporção*, em vista das particularidades de suas estruturas atômicas. O objeto dessa ciência é uma estrutura, que encontra na água da torneira ou da chuva suas exemplificações mais simples. O concreto nunca reproduz a estrutura em estado puro, sempre é mais e menos do que o objeto da ciência. Esta possui um caminhar próprio, do abstrato ao concreto, que reconstrói o objeto pelo pensamento e pela linguagem, que impõe ao concreto uma nova forma de ser, na encruzilhada das determinações abstratas. Não cabe confundir-lo sem mais com o objeto marcado no campo prático da percepção, como se água e H_2O fosse meros sinônimos nomeando coisas do ambiente. A linguagem da ciência tem outras funções do que o simples nomear. O projeto de ciência integrada confunde todos esses problemas, traduz as diversas trajetórias das ciências, as mais diversificadas aventuras da abstração, na marcha cega que vai do objeto presente ao abstrato, numa indução de manual, que nunca leva à parte alguma.

No entanto, o pseudoconceito de ciência integrada não incorre apenas num equívoco, termina por encobrir o lado conflituoso do desenvolvimento científico, por desconhecer o embate das teorias como o motor mais íntimo do pensamento objetivo. Sabemos hoje que até mesmo a Matemática, ciência das formas puras cada vez mais distante de qualquer contágio com os objetos do mundo cotidiano, resolve-se num campo semeado de batalhas indecíveis. Formalismo e intuicionismo podem ser reduzidos formalmente um ao outro, mas nenhum sistema elaborado segundo suas opções logra captar a totalidade dos objetos ainda que fossem os da Aritmética. Não há dúvida de que o conflito não adquire as mesmas dimensões

nas ciências da natureza e nas ciências do homem. Numa existe um corpo de proposições, aceito por todos, embora muitas vezes tais proposições se localizem diferentemente em cada armação teórica; noutra, uma teoria, em geral, é a negação absoluta da teoria competitiva. Mas, essa questão não tem para nós aqui importância alguma, quando nos cabe ressaltar o fato de que o ensino da "ciência integrada" necessariamente descartará a luta como o motor do espírito científico, para sublinhar seu aspecto estático, costurando as teorias numa falsa paz universal. De nossa perspectiva, nos parece muito mais proveitoso, tanto para as ciências como para os estudantes, que professores se desentendam abertamente, que dramatizem ao vivo a desordem do pensamento científico contemporâneo. A não ser que se confunda o ensino ciência integrada com a articulação de bom senso dos temas, dos horários e dos trabalhos. Mas não é esta a intenção mais profunda da nova pedagogia, que frisa a unidade, a concórdia, como se a dura linguagem dos cientistas se confundisse com a linguagem neutra dos tecnocratas.

Se a paz universal não beneficia as ciências, a quem ela traz então proveito? Por que tal insistência num integralismo, a que confluem americanos e russos, desenvolvidos e subdesenvolvidos? Para esboçar uma resposta a essa questão convém, ainda que rapidamente, situar as ciências no contexto de nossas práticas contemporâneas. A maneira pela qual o grosso das coisas é produzido atualmente faz das ciências uma força produtiva, como o petróleo e a energia atômica, pedaços da natureza domados pelo homem. Os elos de cada parte do sistema produtivo deixaram de ser constituídos pelo trabalho elementar, que foi substituído por um dispositivo técnico elaborado pelo cientista. Antigamente o fiandeiro fiava, depois o tecelão tecia, agora esses dois trabalhos desapareceram para dar lugar à máquina automática, diante da qual o operário não faz mais do que vigiar seu bom funcionamento. Daí a fome insaciável de teorias cada vez mais sofisticadas, armadas para que os fusos praticamente possam trabalhar sozinhos. Daí toda essa subversão do ensino, que se vê profundamente marcado pelo culto à ciência que se articula para que o jovem só venha a ser adulto dentro da Universidade, este território sagrado em que os mestres se comportam como sacerdotes do saber e os alunos como inventores em potencial. No entanto, tudo isso não passa de fantástico simulacro, pois se o sistema precisa de

ciências, a rigor, não precisa de cientistas. Se requer a teoria pronta, não tem condições de propiciar o exercício da liberdade em que o conhecimento desabrocha por meio de seus conflitos teóricos e práticos. Tudo porque a ciência não deve chegar até às raízes de sua existência, pois os cientistas, no final das contas, hão de converter-se em funcionários de empresa ou de estado. Fica-lhes vedado o acesso às decisões que articulam seu próprio trabalho, que projetam o perfil global das investigações, que, em última instância, configuram de fora o sentido social de suas atividades. De um ponto de vista individual, poucos são tão livres, poucos têm às mãos todo este aparelho montado para satisfazer seus mais recônditos caprichos; mas atrás dessa liberdade de gaiola está a subordinação da Universidade e dos Institutos de Pesquisa ao orçamento manipulado pelos donos do poder.

O estudante sofre na carne a violência dessa contradição. Desde cedo é fascinado pelo brilho da carreira intelectual; ele haverá de ser um profissional autônomo, capaz de descobrir novidades na monotonia de um trabalho repetitivo. Haverá de encontrar a porta que faz do engenheiro um inventor, do médico, um benfeitor da humanidade, do arquiteto, o demiurgo de uma cidade humanizada. Desde os tempos em que aprende as primeiras letras está sendo agulhado no trilho da Universidade. Parar no meio desse caminho sempre traz o gosto amargo do fracasso. Nenhuma sociedade, porém, comportará tantas profissões universitárias. A trajetória para a Universidade, se de fato é mola propulsora de mobilidade social, também se resolve então num extraordinário processo de delapidação. A burocracia recruta seus novos membros à custa de triturar o melhor de nossa juventude. Nunca se imaginou tal holocausto. Os cursos universitários se transformam num ritual vazio, numa fábrica de diplomas inócuos, que serve entretanto para enervar uma enorme quantidade de jovens ansiosos para ascender na vida. Cria-se gargalos que no final filtram alguns poucos bem-aventurados. Mas sempre com o mesmo resultado: do sacrifício nasce a mais fina elite de futuros burocratas, enquanto o resto da população estudantil fica quebrada e fora do lugar. É o estudante reprovado no vestibular, obrigado a reconverter sua vida num emprego que pouco tem a ver com sua formação anterior. É o universitário que não consegue assistir cursos de nível universitário, porque seus professores são mal preparados. É o físico chauffeur de taxi, o

médico que passa o dia assinando atestados de saúde, o engenheiro vendedor de materiais de construção, o advogado transformado em office boy de luxo e assim por diante. Não nos enganemos, tudo isso não consiste num fenômeno passageiro, defasagem de um sistema que ainda não encontrou seu rumo. A ciência como força produtiva alienada implica em confinar o saber numa elocubração formal, no jogo de armar sistemas desvinculado de uma política científica e do esforço de transformação da história; assim como implica na torção do estudioso, a fim de que seu estudo se converta num meio das classes dominantes selecionarem seus funcionários. Processo contraditório e doloroso, pois incentiva o saber ao mesmo tempo em que o converte num conhecimento desarticulado. Mas a escola que aí está é a escola necessária para a renovação da burocracia.

Entre nós, nestes últimos tempos, o ensino é transpassado pela violência dos decretos. Há pouco, assistimos à solução burocrática de um problema muito real. Num mundo em que a imagem cada vez ganha terreno sobre a palavra, em que o cinema e a televisão configuram os meios mais universais de comunicação de massa, alguém só pode conservar a habilidade de redigir se for treinado para isso. Mas o professor de escola oficial, estafado com quarenta aulas por semana, não tem condições para desempenhar essa tarefa. Não lhe sobra tempo

para preparar aulas, muito menos para corrigir provas de redação. Como resolver a dificuldade? A solução é muito simples, basta um decreto incluindo a prova de redação nos exames vestibulares. Nenhuma medida concreta de reformulação do ensino da língua, com a necessária reforma do curso secundário. Não reformar os currículos, mas reformar as condições de existência dessa escola, dos estudantes e dos professores. Em lugar disso, temos a repressão pura e simples, o raio que cai sobre o estudante, complicando ainda mais o contrassenso do vestibular. Mas existem os cursinhos que ensinarão a alguns privilegiados o direito de escrever.

O mesmo tipo de repressão se exercita agora no *decreto* que obriga ao ensino de ciência integrada. Nada do decreto se integrar numa reforma efetiva da escola, feita pela escola e segundo um projeto de uma sociedade mais justa e menos infernal. Os nossos pedagogos — ninguém poderia imaginar que os discípulos da Escola Nova se transformassem tão rapidamente em cães de fila do sistema — nem mais tratam de indagar sobre a existência do objeto do decreto. Basta-lhes um nome, desde que esse nome evoque uma prática de ensino cordato, integralista, que privilegie a imagem harmoniosa das teorias prontas em prejuízo da dilaceração intrínseca ao conhecimento em processo.

Polivalentes ou polichinelos?

LUIZ ANTÔNIO CUNHA, Instituto de Estudos Avançados em Educação da Fundação Getúlio Vargas.

Dentre as muitas novidades trazidas pela política educacional que vem sendo elaborada nos últimos 10 anos, destaca-se a formação de professores polivalentes em cursos de curta duração como uma das mais polêmicas, só rivalizando com a profissionalização universal e compulsória no ensino de 2.º grau.

Neste texto pretendemos examinar essa política de formação de professores tendo em vista as propostas que se referem aos novos cursos de licenciaturas curtas e polivalentes e, também, às novas concepções de currículos para o ensino de 1.º e 2.º graus, no que se refere à parte de educação geral, conforme as orientações da Lei de Diretrizes e Bases do Ensino de 1.º e 2.º graus.

OS CURSOS DE CURTA DURAÇÃO NA POLÍTICA EDUCACIONAL

As propostas para a implantação de cursos superiores de curta duração não são novas no Brasil.

Nos anos 50, no bojo das lutas em torno da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, chegou-se a propor que se reconhecesse o caráter superior de cursos pós-colegiais para a formação de professores, de dois anos de duração, bem como a instalação de cursos de engenharia que, pela duração mais curta, facilitassem o suprimento de profissionais para as prefeituras das pequenas cidades do interior.

Mas, se essas propostas não são novas, elas ganham uma função social na segunda metade da década de 60 quando tem lugar a reforma do ensino superior.

Vamos apresentar, em seguida, as grandes linhas dessa reforma e suas determinantes.¹

Numa sociedade onde a economia capitalista se encontra organizada segundo uma forma

atomizada, com uma grande quantidade de pequenas empresas comerciais e industriais, as camadas médias podem pretender o ingresso na classe dominante pela acumulação de capital. Partindo de um acúmulo inicial conseguido pelos mais diversos meios, a economia capitalista atomizada permite que uma nova pequena empresa seja criada e, pelo próprio processo de competição, dispute o mercado com as demais. Se sucedida, seus lucros crescerão até que, um dia, seu feliz proprietário terá um tal volume acumulado de capital que será aceito como um igual pelos indivíduos da classe dominante.

Mas esse movimento não é eterno. O próprio processo da concorrência destrói a concorrência. Na medida em que se dá o progressivo controle do mercado (e das fontes de financiamento, suprimento de matérias-primas etc.) por umas empresas, torna-se cada vez mais difícil a criação de uma nova pequena empresa como, também, a sobrevivência das já existentes.

Esse processo, no Brasil, foi intensificado a partir do fim da segunda guerra mundial, foi acelerado na década de 50 e ganhou novo impulso após 1964, induzido pela política econômica do Estado.

Essas empresas que se tornaram gigantes ou já nasceram gigantes, sob a proteção do Estado, tinham, por força da organização do trabalho que lhes era peculiar, uma burocracia não só grande como, também, bastante diferenciada. O Estado, para implementar aquela política de centralização de capital e de criação de facilidades para aquelas empresas, teve, também, de crescer e diferenciar sua burocracia.

Isso fez com que se abrisse um novo canal de mobilidade, para os indivíduos das camadas médias, já não como proprietários e reprodutores do pequeno capital, mas como funcionários diretos ou indiretos do grande capital.

1. Para uma exposição mais detalhada, consultar Luiz Antônio Cunha, "A expansão do ensino superior: causas e consequências" em *Debate e crítica*, n.º 5, março 1975.

Mas a admissão e a promoção nessas burocracias se faz com a utilização de requisitos educacionais. Não que a posse de um diploma de maior valor fosse condição suficiente para a admissão ou a promoção, mas ele se tornava cada vez mais uma condição necessária a partir da qual os outros começavam a operar.

Desse deslocamento dos canais de ascensão, resultou, então, um grande aumento da demanda de escolarização em todos os níveis, pois os indivíduos das camadas médias buscavam nas escolas a posse do diploma mais alto possível, de modo a fazer aumentar suas chances na escalada pelos cargos que conferiam maior soma de poder, remuneração e prestígio.

O Estado, principal provedor de ensino superior, respondia a essa demanda em ritmo menor do que o seu crescimento, até que se chegou ao desfecho de 1968: de um lado, o Estado não pretendia ampliar as vagas nas suas universidades, pois isso implicaria no comprometimento dos planos econômicos que viriam resultar no chamado "milagre brasileiro"; de outro, os estudantes, expressando suas demandas de vagas em termos cada vez mais ameaçadores à ordem estabelecida.

A saída encontrada pelo Estado, além da repressão imediata às manifestações, foi promover a reforma do ensino superior² de modo que pudesse ampliar as vagas nos seus estabelecimentos a custos adicionais menos que proporcionais a essa ampliação.

Várias medidas foram tomadas para a minimização desses custos, entre elas a instituição do vestibular unificado, dos cursos básicos, da departamentalização, do regime de créditos, dos cursos de curta duração.

O que se imaginava era que uma certa quantidade de estudantes se contentasse com qualquer diploma, desde que tivesse o caráter (o nome) de superior. Mesmo que alguns desses cursos não tivessem o conteúdo equivalente aos

demais e não garantissem idênticos privilégios ocupacionais. Nesta perspectiva, os cursos de curta duração seriam uma ótima solução, atendendo aos propósitos do Estado de fazer baixar o custo do diploma, conseguido pela diminuição do tempo de permanência dos estudantes nas escolas, e, de outro, aos propósitos dos próprios estudantes, desejosos de conseguir, a qualquer preço, um diploma dotado de qualquer valor acadêmico.

Poucos foram os cursos de curta duração implantados a partir da reforma universitária de 1968.³ Parece que a resistência de certas corporações profissionais, temerosas da desvalorização do valor econômico dos diplomas cujos monopólios guardavam foi responsável por grande parte da lentidão na sua implantação. Também resistiram algumas universidades e, até mesmo, os estudantes que buscavam ingressar num curso de longa duração, após terminado o primeiro, de modo a "completar" sua formação.

A política do Estado no sentido da implantação desses cursos ganhou novas forças a partir de fins de 1974 correlativamente à inflexão na política de profissionalização do ensino médio. Esta, imaginada como um meio de conter parte da demanda que pressionava as escolas superiores no sentido da multiplicação das vagas, mostrou-se logo de longa e difícil implantação. Surgiram resistências de diversos setores, inclusive da própria burocracia educacional do Estado. A redefinição do conteúdo do ensino médio, já não universal e compulsoriamente profissional, mas predominantemente de educação geral (leia-se propedêutica do ensino superior), feita dentro dos quadros da distensão, levou os estrategistas da política educacional à procura de novas linhas de defesa. Tendo caído a primeira linha, no ensino médio, tende-se a organizar uma terceira linha de defesa já dentro da cidadela (o vestibular continua sendo a segunda linha de trincheiras).

Os cursos de curta duração poderão ser essa terceira linha de defesa, destinada a satisfazer, em parte, a demanda acrescida e crescente de um modo tal que, pelo próprio processo interno de seleção, diminua a *visibilidade* das barreiras que se opõem à pretensão de todos os indivíduos das camadas médias: a obtenção do diploma de mais alto valor econômico e simbólico a fim de maximizar suas chances de admissão/promoção nas burocracias públicas e privadas e, com isso, a realização de seus projetos individuais de ascensão social.

2. Lei n.º 5.540/68.

3. Um estudo realizado pelo Centro de Estudos e Treinamento em Recursos Humanos, da Fundação Getúlio Vargas, mostrou que, em 1974, havia menos de 43 mil estudantes matriculados nos 522 cursos superiores de curta duração em funcionamento no país. Destes cursos, 391 eram na área educacional e 106 na área tecnológica. Cf *Cursos superiores de duração reduzida*, Rio de Janeiro, CETRHU/FGV, 1976, vol. I, p. 126 e segs.

NOVO CURRÍCULO — NOVOS PROFESSORES

Os Antecedentes

Desde 1946 até 1961, os professores do ginásio eram habilitados por dois processos principais: pelos cursos de licenciatura das faculdades de filosofia, ciências e letras e pela adaptação dos diplomas em cursos superiores profissionais (como engenharia e medicina) mediante complementação pedagógica.

A partir daí, começou a tomar forma a idéia de se formarem professores polivalentes para o ginásio, ao invés de professores dotados de uma única habilitação.

A primeira referência encontrada sobre a formação de professores polivalentes contém a proposta da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul. Esta faculdade pedia ao Conselho Federal autorização para instalar dois cursos de formação de professores polivalentes: um de *ciências naturais*, outro de *ciências sociais*. Os professores formados por um desses cursos poderiam lecionar no ensino médio qualquer das matérias catalogadas sob aquelas denominações genéricas. A proposta ia mais além. Previa a formação de professores polivalentes em dois anos para o ginásio e em quatro anos para o colégio. A justificativa da proposta, tanto para a polivalência, quanto para a redução do tempo de formação dos professores para o ginásio, era a escassez de docentes para as necessidades do ensino médio em grande expansão.

A proposta da faculdade foi analisada pelo conselheiro Newton Sucupira no Parecer n.º 314/63.⁴ A justificativa apresentada pela proposta foi aceita pelo Parecer, assim como a idéia da formação de professores polivalentes para o ginásio. Não aceitava a polivalência do professor do colégio, pois que “ele deve receber uma formação mais especializada e aprofundada na matéria em que vai ensinar”. O Parecer não aceitava, também, a redução do tempo de formação do professor para o ginásio:

“A proposta parte da premissa, a nosso ver errônea, de que o ensino do primeiro ciclo não exige especial preparo científico. Mas é

um equívoco julgar-se, por exemplo, que uma matéria como ‘Iniciação às Ciências’, prescinde de cultura científica aprofundada para ser ensinada. Pelo contrário, fazer o adolescente compreender pela primeira vez o que é a interpretação científica do seu mundo, tornar acessível a uma inteligência que apenas desabrocha para o pensamento racional os conceitos científicos, supõe do mestre um domínio razoável de sua matéria além de sua capacidade didática.”

Com base nesse julgamento, o Parecer julgou que a duração do curso de formação de professores para o ginásio devia ser também de quatro anos. Em resumo, Sucupira dissociava a questão da polivalência da questão da curta duração.⁵

Numa indicação aprovada pelo Conselho Federal de Educação, em outubro de 1964, Sucupira⁶ propunha a adoção de cursos especiais de licenciaturas, com 3 anos de duração, ao invés de 4, para a formação de professores polivalentes para o ginásio, nas áreas de Letras (português e língua viva estrangeira), Estudos Sociais (História, Geografia, Organização Social e Política do Brasil) e Ciências (Ciências Físico-Biológicas, Iniciação às Ciências e Matemática). A justificativa da proposta era a seguinte:

“Esta figura do professor polivalente se justificaria sob vários aspectos: em primeiro lugar o professor de ginásio não há de ser um especialista puro; em segundo lugar, do ponto de vista pedagógico formativo o ideal seria que, no primeiro ciclo, o mesmo mestre se ocupasse de várias matérias; finalmente, porque contribuiria para resolver o problema da falta de professores.”

Sucupira tentava legitimar a proposta pelo uso de um paradigma externo. Segundo ele, a Inglaterra teria conseguido em pouco tempo, elevar de um ano a escolaridade obrigatória com a formação de professores nos “Emergency Training Colleges”, fora dos padrões usuais.

5. O Parecer foi aprovado em outubro de 63 e formadas duas comissões, uma para o estudo do currículo do curso de *ciências naturais* e outra para o de *ciências sociais*, ambos em quatro anos, para a formação de professores polivalentes para o ginásio. Não conseguimos saber qual foi o resultado do trabalho das comissões.

6. Cf *Documenta* n.º 31, novembro 1964.

4. Cf *Documenta*, n.º 20, novembro 63.

No ano seguinte, 1965, o Conselho Federal de Educação aprovou os pareceres n.º 236 e 81 contendo normas para o funcionamento dos cursos de licenciatura polivalente para o ginásio, nas áreas de letras e ciências, respectivamente.

Em 1966, Sucupira elaborou o Parecer n.º 106 contendo as normas para o funcionamento da nova licenciatura em Estudos Sociais, cobrindo, com os anteriores, quase todo o ensino geral do ginásio. Esse curso devia ensinar, aos futuros professores, História, Geografia, Fundamentos de Ciências Sociais e as matérias pedagógicas da licenciatura, em 2.025 horas-aulas, cerca de 3 anos.⁷ Os concluintes estavam habilitados ao ensino das seguintes matérias do ginásio: História, Geografia, Organização Social e Política do Brasil e Estudos Sociais. Podiam, também, lecionar no colégio, mediante autorização especial do Ministério da Educação.

Desta feita o paradigma externo se desloca da Inglaterra para os Estados Unidos. Diz o Parecer:

“É desejável mesmo que as novas faculdades a se instalarem no interior, comecem com a licenciatura de 1.º ciclo, podendo, posteriormente, evoluir para a Faculdade de Filosofia com as licenciaturas tradicionais, assim como, nos Estados Unidos, os *Teachers Colleges* evoluíram para *State Colleges* igualando-se ao *Liberal Arts Colleges*, terminando alguns por se transformarem em universidades.”

A partir daí, a Lei de Diretrizes e Bases do Ensino de 1.º e 2.º Graus, n.º 5692, de agosto de 1971, desempenhou um novo papel, redefinindo as relações entre as licenciaturas curtas e longas e os currículos escolares.

Essa lei determinou a extensão da escolaridade obrigatória de quatro para oito anos e a fusão do ensino primário ao 1.º ciclo do ensino médio (o ginásio), gerando o ensino de 1.º grau com oito séries. O 2.º ciclo do ensino médio (o colégio) seria o ensino de 2.º grau, universal e compulsoriamente profissional.

A formação de professores seria feita da seguinte maneira:

7. Essa era, também, a duração dos cursos de licenciatura em letras e ciências.

(i) Os professores para as quatro primeiras séries do ensino de 1.º grau teriam a “formação mínima” obtida em escola de 2.º grau;

(ii) Os professores para as quatro últimas séries do ensino de 2.º grau teriam a “formação mínima” obtida em curso de curta duração de escola superior;

(iii) Os professores para o ensino de 2.º grau teriam a “formação mínima” obtida em curso de longa duração de escola superior.⁸

Estabeleceu, assim, diferenças entre as licenciaturas de 1.º e 2.º graus, subdividindo a primeira em dois segmentos, a destinada ao magistério nas quatro primeiras séries e a destinada às quatro últimas. Os professores para estas, seriam formados em cursos superiores de curta duração.⁹

No entanto, essa lei não trata do caráter poli ou monovalente das licenciaturas.

A Lei n.º 5692/71 reformulou, também, o currículo desses graus de ensino. O Conselho Federal de Educação especificou os currículos relativos ao 1.º grau pelo Parecer n.º 853 e pela Resolução n.º 8, ambos de 1971.¹⁰ Ficou definido, a partir daí, um novo currículo, bem distinto do vigente até então, principalmente no que se refere ao antigo ginásio. Esse currículo novo, por sua vez, determinou a mudança dos padrões existentes para a formação de professores, dando força à idéia da polivalência.

Como desdobramento do Parecer e da Resolução, o CFE aprovou a Indicação n.º 23/73 definindo o quadro geral das habilitações de 1.º e 2.º graus. Esta indicação classificou as habilitações segundo duas dimensões:

Segundo a duração dos estudos, elas poderiam ser *curtas*, ensinadas em cursos de curta duração, para o ensino no 1.º grau, ou *plenas*, ensinadas em cursos de longa duração, para o ensino no 2.º grau.

8. Há, ainda, outras fórmulas transitórias como a dos “estudos adicionais” que não abordaremos aqui.

9. A referência da lei à “formação mínima” parece ser expressão da esperança de que, algum dia, os professores possam ter escolaridade superior àquela, como já acontece em algumas poucas cidades.

10. O Parecer 853/71 e a Resolução n.º 8/71 vão ser citados repetidamente nas páginas seguintes. Para facilitar as referências, vamos chamá-los, daqui por diante, apenas de Parecer e de Resolução.

Segundo a abrangência das habilitações, as licenciaturas podiam dar habilitação *geral*, isto é, polivalente, relativa ao ensino de cada matéria, no 1.º ou no 2.º grau, ou habilitações *específicas*, para o ensino das disciplinas deste último.

No caso de Estudos Sociais, além da habilitação geral para o ensino desta matéria nas quatro últimas séries do 1.º grau (se licenciatura curta) e no 2.º grau (se licenciatura plena), a indicação previa a existência de habilitações específicas para o ensino das seguintes disciplinas do 2.º grau: Geografia, Organização Social e Política do Brasil, Educação Moral e Cívica.¹¹

Posteriormente, o CFE aprovou a Resolução n.º 30, de 1974, determinando os novos padrões para a formação dos professores de Ciências, em cursos de licenciatura curta e plena, conforme a nova concepção do “currículo integrado”.

São esperadas outras resoluções tratando da formação de professores para as matérias Estudos Sociais e Comunicação e Expressão.¹²

Apresentamos, em seguida, as novas concepções do “currículo integrado” e a crítica que consideramos pertinente.

O “Currículo Integrado”

O Parecer apresenta várias críticas aos currículos vigentes antes de 1971. Todas elas podem, entretanto, ser resumidas em uma única, de onde derivaram as demais.

A crítica principal focaliza a excessiva fragmentação do conhecimento em disciplinas, no ginásio e no colégio, chegando-se a introduzi-las até no curso primário numa “precoce especialização”, evidenciando uma “nítida inspiração intelectualista”.

Se essa “precoce especialização” já se constituía num prejuízo para o ensino, os eventos dela decorrentes aumentaram esse prejuízo. *Primeiro*, porque a multiplicação de disciplinas

passou a exigir um número crescente de professores, nem sempre disponíveis na qualidade desejada. *Segundo*, se os professores estavam disponíveis, na qualidade esperada, aquela fragmentação fazia com que os salários fossem sucessivamente divididos por um número cada vez maior de professores que, assim, recebiam pagamentos individuais cada vez menores. *Terceiro*, a passagem brusca de um ensino ministrado por professor único, no curso primário, onde a fragmentação ficava contida pela falta de meios, para o ginásio onde o ensino era ministrado por 9 ou mais professores diferentes, com orientações freqüentemente contraditórias. *Quarta*, a grande quantidade de livros necessários às disciplinas fragmentadas, superior a 50, determinando ineficiência e despesas desnecessárias.

A nova concepção expressa no Parecer e na Resolução postula a unidade essencial do conhecimento e chega a expressar isso numa oração sintética: *o saber é um só*. Apesar dessa unidade, entende ser conveniente a identificação das *grandes linhas* do conhecimento, chamadas matérias sem, entretanto, “retirá-las funcionalmente do seu todo natural”. São elas: Comunicação e Expressão, Estudos Sociais e Ciências. Estas três matérias constituem o *núcleo comum* do ensino de 1.º e 2.º graus e compõem a educação geral, isto é, aquela que todo cidadão deve ter, em algum grau.¹³ Como diz o Parecer:

“Um núcleo comum de matérias, abaixo do qual se tenha por incompleta a educação *básica* de qualquer cidadão, deverá situar-se na perspectiva de todo o Conhecimento Humano encerrado em suas grandes linhas. Afinal, do 1.º grau à pós-graduação universitária, a educação sistemática é uma busca ininterrupta de penetração na intimidade desse Conhecimento a partir do mais para o menos geral, do menos para o mais específico.”

Essas matérias, qualificadas coletivamente de “matéria-prima”, diferenciam-se conforme as relações que se estabelecem, ao longo do processo de ensino, entre a “vivência de si-

11. O Parecer n.º 534/72 deu as normas para o funcionamento dos cursos que fornecerão habilitações específicas em Educação Moral e Cívica.

12. Conforme a Indicação n.º 23/73 haverá três habilitações específicas correspondentes à matéria Comunicação e Expressão: letras, educação física e educação artística (esta última regulamentada pela Indicação n.º 36/73).

13. O núcleo comum compreende, também, as seguintes matérias: educação física, educação artística, educação moral e cívica, programa de saúde e ensino religioso. Sua inclusão resultou de medidas específicas, alheias à concepção do “currículo integrado”, razão por que não as comentamos aqui.

tuações" e o "conhecimento". No início do processo educativo predomina a "vivência de situações" e, no seu fim,¹⁴ o "conhecimento". Correlativamente, as matérias do núcleo comum assumem a forma de *atividades*, adequadas à "vivência de situações" e de *disciplinas*, adequadas ao "conhecimento". No meio do percurso que vai da "vivência de situações" ao "conhecimento" surge o lugar de uma forma mista de organizar as matérias, denominada de *áreas de estudo*. Mas esse escalonamento das matérias não deve obscurecer a sua unidade. Como diz o Parecer,

"É, portanto, sobretudo de grau a distinção que se estabelece entre atividade, área de estudo e disciplina, em relação ao jôgo situação — conhecimento".

"No escalonamento proposto (...) focaliza-se o conhecimento da maior para a menor amplitude, possibilitando uma suave transição do menos para o mais específico."

A Resolução detalha esse escalonamento. Nas quatro primeiras séries do ensino de 1.º grau, correspondentes ao antigo ensino primário, as matérias do núcleo comum serão desenvolvidas como atividades, sob as formas de Comunicação e Expressão, Integração Social e Iniciação às Ciências (incluindo Matemática). Nas outras quatro séries, correspondentes ao antigo ginásio, elas serão desenvolvidas como áreas de estudo, sob as formas de Comunicação em Língua Portuguesa, Estudos Sociais, e Matemática e Ciências. No ensino de 2.º grau as matérias assumirão a forma das disciplinas Língua Portuguesa e Literatura Brasileira, História, Geografia, Matemática, e Ciências Físicas e Biológicas, dosadas conforme as diversas habilitações profissionais.

Embora o Conhecimento seja ministrado, no ensino de 2.º grau, sob a forma de disciplinas específicas, o Parecer adverte para sua perspectiva integrada, determinada pela unidade anterior:

"Conquanto lecionadas sob rubricas distintas, num inevitável artifício cartesiano, devem (as disciplinas) convergir para uma reconstrução, no aluno, da substancial unidade do conhecimento humano."

14. O fim do processo educativo está subentendido como o ponto onde ele é "terminal", isto é, ao fim do ensino de 2.º grau.

Se todo o núcleo comum tem objetivos unificados,¹⁵ cada matéria tem objetivos específicos, funcionalmente integrados. Passamos a listá-los, conforme o texto da Resolução.

Comunicação e Expressão:

"O cultivo de linguagens que ensejem ao aluno o contato coerente com os seus semelhantes e a manifestação harmônica de sua personalidade, nos aspectos físico, psíquico e espiritual, ressaltando-se a Língua Portuguesa como expressão da Cultura Brasileira."

Ciências:

"O desenvolvimento do pensamento lógico e a vivência de método científico e de suas aplicações."

Estudos Sociais:

"O ajustamento crescente do educando ao meio, cada vez mais amplo e complexo, em que deve não apenas viver como conviver, dando-se ênfase ao conhecimento do Brasil na perspectiva atual do seu desenvolvimento."

Os Estudos Sociais têm, no "currículo integrado" a função específica de unificação das três matérias do núcleo comum. O Parecer traçou uma imagem gráfica dessa integração a partir de dois círculos secantes: Num, as Ciências; no outro, a Comunicação e Expressão; na área comum aos dois, os Estudos Sociais. Com isso, pretendeu sugerir a situação intermediária e unificadora dessa matéria:

"(...) na medida em que se cogite de uma divisão do Conhecimento, e só nessa medida, os Estudos Sociais constituem um elo a ligar as Ciências e as diversas formas de Comunicação e Expressão: têm uma abordagem mais científica do que estas últimas, ao tempo em que para muitos

15. A Resolução apresenta esses objetivos como sendo os mesmos do processo educativo em geral, quais sejam os de desenvolver, no aluno, "capacidades de observação, reflexão, criação, discriminação de valores, julgamento, comunicação, convívio, cooperação, decisão e ação". Todos estes estão submetidos aos objetivos expressos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1961) e do Ensino de 1.º e 2.º Graus (1971).

chegam a confundir-se com elas, e sobretudo colocam no centro do processo a preocupação do Humano.”

Os conteúdos específicos dos Estudos Sociais são apresentados, pela Resolução como constituídos da História e da Geografia. Entretanto, o Parecer mostra que esses conteúdos são, na realidade, veículos de outros mais importantes que são a Organização Social e Política do Brasil e a Educação Moral e Cívica. Diz o Parecer:

“Vinculando-se diretamente a um dos três objetivos do ensino de 1.º e 2.º graus — o preparo ao ‘exercício consciente da cidadania’ — para a OSPB e para o Civismo devem convergir, em maior ou menor escala, não apenas a Geografia e a História como todas as demais matérias, com vistas a uma efetiva tomada de consciência da Cultura Brasileira, nas suas manifestações mais dinâmicas, e do processo em marcha do desenvolvimento nacional.”

A organização do ensino de 1.º e 2.º graus conforme a concepção do “currículo integrado”, pelo menos do seu núcleo comum, teria outras consequências além dos efeitos cognitivos esperados.

O principal efeito proclamado é o da economia de recursos decorrentes da diminuição do número de professores e de livros.

Nas quatro primeiras séries do 1.º grau, cada classe terá um professor. Nas quatro últimas, cinco ou seis. O Parecer levanta a hipótese da existência de quatro professores para as quatro matérias do núcleo comum e um para Educação Física, admitindo que a Educação Moral e Cívica possa “integrar-se” em Estudos Sociais, os Programas de Saúde em Ciências e Educação Artística, em Comunicação e Expressão, “conforme as qualidades pessoais e de formação de quem a ministre.” Assim, ao invés dos 11 ou mais professores exigidos pelo ginásio, serão necessários apenas 5 ou pouco mais. O Parecer admite que os “estudos científicos” permaneçam integrados também no 2.º grau, possibilitando a um só professor polivalente substituir os 3 hoje necessários.

Crítica do “Currículo Integrado” e da Polivalência

A argumentação das vantagens práticas

(economia de recursos) do “currículo integrado” parece-nos um exemplo típico da falácia de composição.

Se tomarmos *uma* escola, a aglutinação dos conteúdos de ensino certamente fará com que diminua o *número* de professores que trabalhem nela. Entretanto, a menos que o conteúdo seja reduzido, o tempo em que esses professores permanecem na escola vai aumentar na mesma proporção. A falácia da composição está em supor que o que é verdadeiro para *uma* escola é verdadeiro para todo o sistema escolar. Na situação atual, são muitos os professores que trabalham em cada ginásio (11 ou mais, conforme o Parecer). Mas eles passam poucas horas em cada estabelecimento, numa rotação que está longe de ser condenável, a não ser pelos exageros decorrentes dos baixos salários vigentes.¹⁶

A argumentação acima, relativa aos professores, pode ser facilmente estendida aos livros.

Em resumo, o “currículo integrado” resultará em “economia” de professores e livros apenas na medida do empobrecimento do conteúdo.

Poderia se pensar, por outro lado, como se tem feito, que o encurtamento da licenciatura poderá resultar em aumento da oferta de professores para o ensino de 1.º grau. Não nos parece ser o caso.

Os cursos de licenciatura não constituem apenas uma reunião de meios técnicos de formação de professores. Constituem-se, também, em agências de rediplomação de burocratas que vêem seus diplomas desvalorizados em termos econômicos e simbólicos, por força do aumento da oferta de diplomados em todos os níveis. Os cursos de licenciatura têm sido, finalmente, mas não secundariamente, aqueles que têm desempenhado de modo mais intenso o papel de *lugar privilegiado de convivência* de jovens das camadas médias, além dos objetivos de aquisição de diplomas, conforme acima.¹⁷

Por isso, é provável que grande parte dos diplomados em licenciaturas curtas procurem

16. É comum encontrar professores do ensino público que buscam emprego em escolas privadas, a fim de complementar os baixos salários que recebem chegando, assim, a dar 50 horas de aula por semana e até mais.

17. Cf nosso “A expansão do ensino superior: causas e consequências”, em *Debate e crítica*, n.º 5, março 75.

matricular-se em licenciaturas plenas, de modo a conseguirem diplomas dotados de mais valor em termos econômicos e simbólicos. Se isso acontecer, como parece ser o caso, pelo processo global de geração da demanda de ensino e da elevação dos requisitos educacionais, bem como por informações isoladas disponíveis, a implantação dos cursos de curta duração não resultará no aumento esperado da oferta de professores para as quatro últimas séries do 1.º grau.

Além disso, podemos somar a esses pontos a progressiva dessacralização do papel do professor, em rápido processo de burocratização, a redefinição do papel da mulher das camadas médias como trabalhadora, cada vez mais na economia do *mercado* e menos na *doméstica* e na *paradoméstica* (como o magistério), e a diminuição dos salários dos professores relativamente aos de outras ocupações consideradas “próprias para indivíduos educados” dessas camadas. Esses processos tendem a fazer diminuir não só a procura por cursos de licenciaturas, curtos e longos, como também a levar os diplomados neles a procurar emprego fora do magistério. Neste caso, os portadores de diplomas de licenciaturas plenas terão maiores chances, o que levará os concluintes dos cursos de curta duração a “converter” seus diplomas nos de cursos longos.

Tudo isso nos leva a ver que dificilmente haverá um acréscimo substancial na oferta de professores para as quatro últimas séries do 1.º grau apenas pela “integração” de conteúdos e redução do tempo de formação.

Passamos agora a comentar mais de perto a própria concepção do “currículo integrado”. Acreditamos que ela possa ser criticada sob diversos ângulos. O que escolhemos é o da propalada unidade essencial do conhecimento.

Essa concepção pressupõe a continuidade entre senso comum e conhecimento científico em uma dimensão horizontal e outra vertical.

Na dimensão horizontal, é a distribuição do conteúdo do núcleo comum conforme “graus” de cientificidade, desde a Comunicação e Expressão (menos) até as Ciências (mais), passando pela posição intermédia dos Estudos Sociais. Na dimensão vertical, é o escalonamento das matérias num contínuo que vai desde as “vivências de situações” (atividades) nas primeiras séries do 1.º grau até o “conhecimento” propriamente dito (disciplinas) no 2.º grau, passando pela situação intermédia das

últimas séries do 1.º grau onde reinam as áreas de estudos, combinando algo de disciplinas com algo de atividades, numa mistura de “vivências de situações” e “conhecimento” (o propriamente dito).

A continuidade pressuposta entre senso comum e conhecimento científico não corresponde à prática científica,¹⁸ pois esta não é uma mera adensificação e/ou diferenciação daquele. Ao contrário, a história da ciência permite constatar que o progresso científico se faz a partir de *rupturas* com o senso comum. Não é uma passagem de um estado para outro, mas produto de rompimentos, discussões e desassombros.

É possível que essa continuidade pressuposta seja produto de uma ilusão histórica, a das “ciências particulares” como a física, a química, a sociologia, a economia, e a filosofia propriamente dita se desligarem, por especialização, da “ciência geral”, a filosofia das universidades medievais, como ramos saindo de um mesmo tronco. Então, por debaixo das “ciências particulares” existiria, conforme suposto, algo como um Conhecimento Humano indiferenciado.¹⁹ Portanto, é possível que essa concepção contenha uma analogia escondida entre o homem culto da Idade Média e a criança da 1.ª série do 1.º grau, entre o homem culto contemporâneo e o jovem do 2.º grau: cada criança estaria refazendo, na sua história escolar a evolução do Conhecimento Humano no sentido da especialização e da ciência.

A concepção do “currículo integrado” repele a “especialização precoce”, resultante da introdução de mais e mais disciplinas no ginásio, por revelar “uma nítida inspiração intelectualista”. Desconhece, assim, o caráter

18. Para um aprofundamento dessa questão, ver Gaston Bachelard, “Conhecimento comum e conhecimento científico”, em *Tempo brasileiro*, n.º 28, jan./março 1972.

19. É curioso observar a semelhança entre a concepção do “currículo integrado” expressa no Parecer, relatado por Valmir Chagas, e a definição, por este autor, das faculdades de filosofia, ciências e letras como as instâncias capazes de reproduzir a universalidade do conhecimento nas universidades. Ver seus “A reforma universitária e a Faculdade de Filosofia”, em *Educação e ciências sociais*, vol. 9, n.º 17, mai/agosto, 1961, e a “A luta pela universidade no Brasil” em *Revista brasileira de estudos pedagógicos*, vol. 48, n.º 107, jul/setembro, 1967.

cada vez mais especializado da ciência contemporânea como desconhece, também, que o esforço da interdisciplinaridade se faz *depois* da especialização e não pela sua renúncia, buscando-se uma remota unidade perdida.

Mas, ao criticarmos essa concepção não basta fazer a anatomia do erro. É preciso ir mais além e procurar identificar suas possíveis conseqüências, mesmo que as intenções de seus autores não ultrapassem as fronteiras do campo estritamente pedagógico. Vamos apresentar, abaixo, as que nos pareceram mais importantes. Primeiro, os efeitos "cognitivos"; depois os "ideológicos".²⁰

A introdução dos cursos de licenciatura curta, para formar professores para as 4 últimas séries do 1.º grau resultará na deterioração da qualidade do corpo docente, já pouco satisfatória, pela redução drástica do tempo de estudo e pelos equívocos da "integração".

Partindo do suposto de que a qualidade da formação dos professores é um dos elementos fundamentais na determinação da qualidade do ensino, podemos concluir que é bem provável que a qualidade do ensino vai cair muito, não só no 1.º grau como, por via de conseqüência, no 2.º. Ora, isso é um fato extremamente grave quando já se chegou à constatação, quase por unanimidade, da responsabilidade que o ensino de 1.º e 2.º graus divide com outros fatores, não propriamente educacionais, na deterioração acelerada da qualidade do ensino superior.

Se são os efeitos "cognitivos" os esperáveis da integração nas matérias Ciências e Comunicação e Expressão, pode-se esperar dos Estudos Sociais uma forte dose de efeitos "ideológicos".

O ensino da História do Brasil vinha, há muito, padecendo os resultados da cristalização nos livros-texto de idéias que impediam co-

nhecer-se a verdadeira história do povo brasileiro.

Depois de 1969, com a obrigatoriedade da Educação Moral e Cívica, essa situação agravou-se pela contaminação da História do Brasil pelo seu conteúdo principal: a apresentação da moral conservadora, a apologia do regime autoritário e/ou a mera repetição do discurso da grandeza.²¹

O *Jornal do Brasil*²² publicou depoimentos de vários professores de 1.º e 2.º graus comentando o conteúdo dos livros de Estudos Sociais, entre outros. Há um livro que diz ter sido o raptado do embaixador norte-americano Elbrick o fato mais importante do governo Costa e Silva. Outro monta um interessante e complexo jogo de "palavras cruzadas" em torno da conhecida expressão "Brasil Grande" onde as palavras-respostas são os nomes dos últimos presidentes, seus ministros e os estados onde nasceram.

Quanto à Educação Moral e Cívica, os professores ouvidos pelo jornal destacaram algumas frases muito significativas de um livro desse assunto:

"A moral não varia nunca."

"Os pais sempre querem o bem dos filhos!"

"A escola é o prolongamento do lar."

"Ninguém segura este país."

Esses livros, segundo um daqueles professores, "parecem ter sido escritos para emburrecer os alunos". Eles fornecem uma poderosa e triste previsão dos efeitos "cognitivos" e "ideológicos" da "integração" curricular no ensino de 1.º e 2.º graus.

CONCLUSÃO

Mostramos, neste texto, o surgimento da idéia de formação de professores "polivalentes", em cada curso de curta duração, habilitados ao ensino das várias disciplinas da mesma "área de conhecimento", em 1963, como um meio de se suprir a carência de docentes no ginásio, surgindo medidas tendentes a facilitar o funcionamento de cursos para a formação desses professores.

21. Ver Ana Marta Rodrigues Bastos, "O discurso da grandeza", em *Cadernos do CEAS* (Salvador), n.º 37, mar/junho, 1975.

22. De 26/6/76, Cadernos B, pp. 4 e 5.

20. Chamamos a atenção para a precariedade dessas categorias. Entenda-se, neste contexto, como efeitos "cognitivos" aqueles que dizem respeito ao aprendizado de certos conteúdos, como a resolução de equações do 2.º grau; como efeitos "ideológicos" os que se referem à interiorização de justificativas tendentes a legitimar a ordem vigente como, por exemplo, o "discurso da grandeza". Em certos conteúdos, como em História do Brasil, a separação dos efeitos "cognitivos" e "ideológicos" é extremamente mais difícil senão impossível.

Em 1971, foi promulgada a reforma do ensino de 1.º e 2.º graus, decorrendo, daí, uma nova concepção curricular.

A concepção do "currículo integrado" incorporou as soluções que já vinham sendo apresentadas e deu-lhes justificativas tendentes a torná-las aceitáveis menos por força das necessidades práticas de suprimento de professores, do que por imperativos filosóficos e pedagógicos.

Após a apresentação dessa concepção, nossa argumentação mostrou a improcedência das justificativas do "currículo integrado" e, por via de consequência, dos modelos de licenciaturas de curta duração, para a formação de

professores polivalentes para as 4 últimas séries do ensino de 1.º grau.

Focalizamos, também, as consequências previsíveis mais importantes da "integração curricular" e das licenciaturas curtas. Em termos propriamente "cognitivos", a intensificação do processo de deterioração da qualidade do ensino de 1.º e 2.º graus e, conseqüentemente, do ensino superior. Em termos propriamente "ideológicos", no caso particular da matéria Estudos Sociais, a elevação da barreira que impede a entrada na escola dos temas relevantes hoje discutidos pelas instituições da sociedade civil e, complementariamente, a facilitação do trabalho de imposição dos discursos tendentes a legitimar os aspectos mais acabadamente autoritários da ordem política.

Licenciatura de ciências e suas vinculações com a política educacional

VANESSA GUIMARÃES MARRI, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

LICENCIATURA DE CIÊNCIAS E A POLÍTICA DE CURTA DURAÇÃO

Os cursos de curta duração foram introduzidos no cenário educacional brasileiro na década de 60. Em 1965 o CFE criou, pelo parecer 81/65, os cursos de licenciaturas polivalentes destinados a formar professores para o antigo ciclo ginásial.

O atual curso de licenciatura de Ciências, proposto pela res. 30/74, baseia-se, em grande parte, nessa experiência de cursos polivalentes. Naquela época, argumentava-se que, para lecionar no ginásio, não havia necessidade de especialista e, assim sendo, poderia um professor incumbir-se de várias disciplinas. Além disso o curso de curta duração aparecia como uma solução para o problema da falta de professores formados pelas faculdades de Filosofia.

Posteriormente esses cursos foram amparados pela Lei 5540/68, em seu artigo 23**, que admite, nas Universidades, cursos profissionais de curta duração destinados a proporcionar habilitações intermediárias de nível superior.

* Simpósio realizado durante a 28.ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, julho de 1976.

Publicado em *Ciência e Cultura* 29 (4): 429-443

** art. 23 — Os cursos profissionais poderão segundo a área abrangida apresentar modalidades diferentes quanto ao número e a direção, a fim de corresponder às condições de mercado de trabalho.

§ 1.º — Serão organizados cursos profissionais de curta duração, destinados a proporcionar habilitações intermediárias de nível superior.

§ 2.º — Os estatutos e regimentos disciplinarão o aproveitamento dos estudos dos ciclos básicos e profissionais inclusive os de curta duração entre si e com outros cursos.

Iniciados como experiência isolada, os cursos “curtos” vêm assumindo papel de destaque na política educacional brasileira. Nos últimos anos tem havido um esforço constante do DAU/MEC no sentido de estimular, através de destinação especial de recursos, programas de formação de tecnólogos junto às Universidades e Instituições de Ensino Superior.

Contudo, as Universidades não têm revelado grande entusiasmo em relação a tais programas.

Essa realidade parece ter sido reconhecida pelo DAU no “Relatório Circunstanciado de Carreiras de Curta Duração” encaminhado ao CFE em 1975. Acompanhou o Relatório um projeto de Lei que visa a criar unidades de ensino não universitárias sob a designação de Centros, com a finalidade específica de ministrarem cursos de formação de tecnólogos.

Apesar de considerar plena de êxitos a experiência dos cursos vinculados à Universidade, o DAU justificou a medida apontando alguns problemas como o conflito existente entre o caráter *terminal* e *intensivo* dos cursos de curta duração, que significa maior flexibilidade, e a dinâmica diferente dos cursos de graduação plena. Também ressaltou dificuldades de ordem administrativa pois que “a agilidade que convém a esses cursos é muitas vezes prejudicada pela tramitação burocrática e demorada de processos nos órgãos da Universidade”. Considerou também que o funcionamento paralelo de cursos de duração plena e cursos de curta duração numa mesma instituição, “seria motivo de comparação de prejuízos de valor pelo menos tácitos, que geram insatisfações e inseguranças, com a ten-

tação constante dos alunos de passar de um curso "curto" para outro "nobre", desvirtuando-se, assim, os objetivos do Projeto".

Ao apreciar a matéria o relator, Prof. Newton Sucupira, em parecer 1539/75¹, teceu considerações sobre o significado das carreiras de curta duração no contexto do ensino superior, do qual destacamos algumas passagens:

"Costuma-se definir o ensino superior curto como sendo o ensino pós-secundário de vocação essencialmente terminal ministrado em duração menor e cuja finalidade é preparar os estudantes para empregos de nível intermediário".

"Considerada a natureza de tais cursos, o seu caráter prático operatório, a Universidade, em geral, não demonstra maior interesse em acolhê-los".

"Os estabelecimentos de ensino superior curto, instituídos ao longo desses últimos anos, dos diversos países, respondem às necessidades das sociedades industriais e entende-se que devam desempenhar as seguintes funções:

- 1) responder à procura individual sempre crescente de ensino superior;
- 2) contribuir para igualizar as oportunidades de acesso à educação;
- 3) atender às necessidades do mercado de trabalho em mão-de-obra qualificada diversificada de nível superior intermediário;
- 4) criar ou favorecer inovações no sistema pós-secundário assumindo certas funções que as Universidades tradicionais se recusam a exercer."

"Dentro da expansão do ensino superior atribui-se a estes estabelecimentos uma função dissuasória, desafogando a Universidade de muitos pretendentes que se contentariam com uma formação profissional curta de nível superior".

... "Os cursos de curta duração possuem terminalidade específica, apresentam conteúdo próprio, obedecem a uma organização e metodologias características, exercem funções peculiares e visam objetivos próprios distintos".²

Se o que foi dito pelo eminente conselheiro representa o pensamento oficial sobre o significado e validade dos cursos de curta duração no contexto do ensino brasileiro, cabe-nos indagar sobre o sentido e a razão de ser da sistemática adotada na legislação no que diz respeito à formação de professores.

Tal sistemática vem estabelecer o curso de curta duração como elemento básico da carreira de magistério contrariando, assim, toda a concepção de curta duração antes exposta, parecendo desconhecer os problemas dos cursos dessa natureza funcionando nas Universidades. Acreditamos, no entanto, que a importância dessa aparente contradição possa ser anulada no contexto mais geral da política educacional, pois que os cursos curtos "cumprem uma função dissuasória desafogando a Universidade de muitos pretendentes que se contentariam com uma formação mais curta".

Como os cursos de licenciatura de curta duração poderão cumprir essa "função"? Porventura não estarão eles sujeitos aos mesmos "desvirtuamentos" por que passam os cursos de formação de tecnólogos, funcionando junto às Universidades?

Parece que essa função dissuasória poderá ser desempenhada principalmente pelos cursos de licenciatura que funcionam em outras instituições de ensino superior que não a Universidade. Mesmo porque, até o presente momento, poucas são as Universidades que se mostram interessadas em tais cursos.

A esse respeito vale a pena examinar o Catálogo Geral das Instituições de Ensino Superior relativo ao ano de 1974.³ Os dados disponíveis sobre os cursos de licenciatura existentes até essa data foram sintetizados no quadro, na página seguinte.

Por esse quadro pode-se verificar que o número de cursos de licenciaturas de Ciências, a despeito de sua recente regulamentação, tem crescido assustadoramente. À primeira vista poder-se-ia imaginar que se trata de uma área carente de professores, justificando, desse modo, a expansão desse tipo de curso. Na verdade essa parece não ser a interpretação correta, pois, pelo mesmo quadro, percebe-se que a maior concentração de cursos de Ciências

3. Ministério de Educação e Cultura — Departamento de Assuntos Universitários — Coordenação de Avaliação e Controle — Catálogo Geral das Instituições de Ensino Superior-1974. 622p. il.

2. Os grifos são nossos.

Reg. e Dep. admin.	Norte				Nordeste				Centro-Oeste				Sudeste				Sul				Total				
	F	E	M	P	F	E	M	P	F	E	M	P	F	E	M	P	F	E	M	P	T				
Cursos																									
Ciências	1	-	-	-	4	3	3	8	-	2	1	2	3	6	8	59	1	4	5	20	9	15	17	89	130
C. Biológicas	2	-	-	-	7	-	1	4	3	-	-	1	8	9	3	32	4	4	1	6	24	13	5	43	85
Física	2	-	-	-	9	-	1	2	3	-	-	1	5	5	3	15	4	2	-	2	23	7	4	20	54
Química	2	-	-	-	8	-	1	2	2	-	-	-	7	7	1	14	4	2	2	2	23	9	4	18	54
Matemática	3	-	-	-	9	2	2	3	3	1	-	3	6	12	7	83	4	7	7	12	25	22	16	101	164

Fonte: Catálogo Geral das Instituições de Ensino Superior, 1974

Fonte: Catálogo Geral das Instituições do Ensino Superior — 1974 — DAU/MEC

Legenda: F — Federal E — Estadual M — Municipal P — Particular

dá-se na *Região Sudeste*, onde também se localiza um maior número de cursos plenos. Há ainda indícios de que, em centros como São Paulo, já existe um excedente de professores formados em cursos longos, mesmo considerando a expansão da rede de ensino médio.

Por essas razões, e pelo fato de esses mesmos cursos pertencerem em sua maioria à iniciativa particular, preferimos admitir a hipótese de que sua expansão se acha relacionada ao fenômeno do ensino superior no Brasil na última década, cuja característica básica é a sua privatização.

O fenômeno da expansão e privatização do ensino superior tem sido abordado de várias maneiras. Luiz Antônio Rodrigues Cunha, analisando o problema de modo mais abrangente, explica a expansão do ensino superior a partir de um processo de deslocamento dos canais de ascensão social para a classe média. Essa ascensão que antes se processava por meio de um mecanismo de poupança/investimento/reprodução de capital pela constituição de pequenos negócios, foi se tornando cada vez mais difícil, a partir da introdução do modelo econômico brasileiro de mecanismos de concentração de renda/capital/mercado. "Em função disso" diz o autor, "as alternativas de ascensão das camadas médias transferem-se para as hierárquicas ocupacionais... Ora, a disputa por promoção no interior das hierárquicas ocupacionais envolverá gastos maciços em escolarização e/ou reivindicações de subvenções públicas para o ensino".⁴

Na prática o primeiro caminho foi o predominante embora o Governo tenha tomado, no início do processo, medidas que visavam, a curto prazo, atender parte da demanda (aumento de vagas, Reforma Universitária, Reforma de Ensino Médio, Cursos de curta duração). A médio prazo, porém, essa demanda passou a ser atendida principalmente pela rede particular de ensino superior. Desse modo, resolvia-se, sem ônus, os problemas políticos oriundos das pressões das camadas médias.

A consequência disso é que se assiste nos últimos anos a uma proliferação de escolas superiores nas capitais e no interior, dentro das características que manifestam total ausência de planejamento e controle dos órgãos oficiais

4. Cunha, Luiz Antônio R. A expansão do ensino superior — causas e consequências — *Revista Argumento* N.º 2 — 1973.

quanto ao nível dos cursos ministrados. Acrescenta-se a isso a preferência demonstrada, pela maioria das instituições, por cursos cuja natureza implica em poucos gastos.

Essa nos parece a razão fundamental que explica por que em espaço de tempo tão reduzido, tantos cursos de "Ciências", nos moldes da Res. 30, foram implantados no país.

Admitindo-se que a possibilidade desses cursos serem aceitos nas Universidades é pequena, pelas razões já constatadas pelo próprio DAU; que as Universidades continuarão assumindo o papel de desenvolver a pesquisa e a formação de profissionais das carreiras mais "nobres"; que o próprio DAU chama a si a responsabilidade de promover, por meio de convênios ou instituições próprias, os cursos de formação de tecnólogos, quem se responsabilizará pelos cursos de licenciatura? Quais as consequências disso para o ensino de 1.º e 2.º graus?

Estas e outras questões fundamentais terão de ser pensadas pelas Universidades e por todos nós.

Uma vez que a Universidade não tem condições de competir quantitativamente com as outras instituições na formação de professores, ela não deveria centrar sua atenção na formação de profissionais capazes de repensar criticamente o ensino? O que a impede de assumir esse papel?

O problema é que a preocupação com as licenciaturas nunca atingiu níveis muito significativos na Universidade. Particularmente, onde existem também bacharelados, as licenciaturas em áreas correlatas têm sido vistas como apêndices ou menos inevitáveis mais ou menos inócuos e pouco dispendiosos, em termos de recursos materiais e humanos.

Essa desvalorização das licenciaturas — provavelmente um reflexo das precárias condições de trabalho, remuneração e status do profissional — reflete-se, por sua vez, em despreocupação com programas e currículos, subestimação de professores e alunos nelas envolvidos.

É possível que o desprestígio dos cursos e da profissão, aliado ao caráter impositivo da resolução 30, leve as Universidades a fazerem adaptações de currículo para o cumprimento de exigências legais, em prejuízo de sua eficiência como intuição capaz, pelo menos teoricamente,

de contribuir para a melhoria do ensino de 1.º e 2.º graus.

A LEGISLAÇÃO REFERENTE À LICENCIATURA

A Lei 5692, que fixou diretrizes para o ensino de 1.º e 2.º graus, reformulou a tradicional bipartição do ensino brasileiro em primário e médio, esse por sua vez subdividido em ciclo ginasial e colegial, instituindo o ensino de 1.º grau com 8 anos de duração e o ensino de 2.º grau com 3 ou 4 séries anuais. Ao fazê-lo, determinou, também, objetivos próprios a cada grau, bem como as linhas gerais da formação de professores, indicando as habilitações específicas para o magistério em cada grau.

O princípio geral que norteará a formação de professores está expresso no art. 29 da lei:

... "será feita em níveis que se elevam progressivamente, ajustando-se às diferenças culturais de cada região do país e com orientação que atenda os objetivos específicos de cada grau, às características das disciplinas, áreas de estudos ou atividades e as fases de desenvolvimento dos educandos".

Os "níveis" de formação a que se refere o art. 29 foram assim definidos:

Art. 30 — "Exigir-se-á como formação mínima para o exercício do magistério:

- a) no ensino de 1.º grau, da 1.ª a 4.ª séries, habilitação específica de 2.º grau;
- b) no ensino de 1.º grau, da 1.ª a 8.ª séries, habilitação específica de grau superior, ao nível de graduação, representada por licenciatura de 1.º grau, obtida em curso de curta duração;
- c) em todo o ensino de 1.º e 2.º graus, habilitação específica obtida em curso superior de graduação, correspondente a licenciatura plena".

Além dos três "níveis", o mesmo artigo introduz a figura de "estudos adicionais".

Ao estabelecer o princípio de uma formação a fazer-se "em níveis que se elevam progressivamente..." a lei parece determinar um *processo cumulativo* de obtenção de títulos, que se iniciaria a nível de 2.º grau, nos cursos de "formação". À medida que o indivíduo fos-

se acrescentando novos estudos aos anteriormente feitos teria ampliado seu campo de atuação profissional. Cada novo curso ou "estudos adicionais" lhe proporcionaria habilitação específica para o magistério em séries mais elevadas, além de continuar mantendo os direitos já adquiridos. Assim ao atingir a licenciatura plena, o professor poderia lecionar da 1.^a série do 1.^o grau até a última série do 2.^o grau. No entanto, ao traçar as normas gerais da formação de professores para atender às novas exigências da 5692, o CFE empresta um sentido novo ao princípio legal de uma formação a fazer-se "em níveis que se elevem progressivamente..." A ind. 22, em seu parágrafo 8.^o, diz que "além de *progressivas* as habilitações são *cumulativas* no sentido de que *pode o menos quem pode o mais desde que para um e outro possua habilitação específica*". Nesse sentido, os cursos de licenciatura por ela propostos não se destinam a formar inclusive o professor único das séries iniciais do 1.^o grau, que continuará sendo especificamente preparado pelo curso de "formação", a nível de segundo grau.

Os novos cursos destinam-se então a habilitar professor para o ensino nas últimas séries do 1.^o grau e nas séries de 2.^o grau. Neles poderão ingressar candidatos com 2.^o grau completo, independentemente do fato de terem feito ou não curso de "formação". Tanto assim, que o art. 29 da res. 30 diz que, "... para o cumprimento do disposto no art. 30 da 5692, o diploma do curso de Ciências dará direito, ao exercício do magistério:

a) nas áreas de estudo de ciências, situadas no ensino de 1.^o grau, quando obtido em curta duração ou duração plena;

b) nas áreas de estudo de ciências, situadas no ensino de 2.^o grau, quando obtido em duração plena;

c) nas disciplinas de 2.^o grau, quando obtido em duração plena".

Paradoxalmente o Conselho não admite a formação de professores somente para disciplinas de 2.^o grau, de modo como as Universidades tradicionalmente vêm fazendo. Ao extinguir os cursos de licenciatura de Física, Química, Matemática e Ciências Biológicas, propõe como "modelo único" o curso de Ciências, desse modo estruturado:

a) licenciatura de curta duração, conferindo diploma de hab. geral em Ciências, reunindo conhecimentos de Física, Química, Ma-

temática, Biologia, Geo-Ciências, Matérias Pedagógicas e outras, para o ensino de Ciências como "área" de estudos do 1.^o grau;

b) licenciatura plena, que além da *habilitação geral* (curta duração) incluirá *habilitações específicas* em uma das disciplinas estudadas a nível da hab. geral para o ensino de disciplinas no 2.^o grau.

As muitas perguntas que se poderiam fazer não encontram respostas plausíveis nos argumentos oficiais.

Em primeiro lugar, por que a formação de professores necessita ser "cumulativa"? Por que o CFE impõe o curso de curta duração como caminho único para a licenciatura plena, se não exige o curso de formação como único caminho para a curta duração? Em outras palavras, qual o inconveniente real de se estruturar, por exemplo, um curso de licenciatura de Matemática para o ensino de Matemática no 1.^o e 2.^o graus? Pergunta-se ainda qual o critério ou processo adotado pelo CFE para reunir, em um só curso, campos de conhecimento tão distintos como Física, Química, Matemática, Ciências Biológicas e Geologia?

O CFE utiliza a idéia de "Ciência integrada", para justificar a opção feita pelo esquema de formação "polivalente" do professor. Segundo o Cons. Valnir Chagas, trata-se de assumir a tendência integradora existente no próprio campo da ciência.

Não se pretende aqui discutir o argumento "Ciência integrada", mesmo porque o tema encerra enorme controvérsia. Pretende-se, apenas, levantar alguns aspectos que põem em dúvida a validade de sua adoção como pressuposto a partir do qual o Conselho define a organização do currículo do ensino de 1.^o e 2.^o graus e também a formação de professores.

Realmente em alguns países têm-se realizado experiências de ensino integrado de Ciências a nível da escola primária e secundária. A UNESCO inclusive, desde 1969, vem financiando projetos experimentais para o desenvolvimento de novos métodos e materiais didáticos destinados ao ensino de ciência integrada.

Entretanto, o estágio atual desses experimentos não pode assegurar a validade de sua generalização como forma única de se ensinar ciências. Na verdade, o tema ainda se presta a debates, faltando ao princípio de ciência integrada bases mais sólidas de sustentação a

nível teórico. Adotá-lo compulsoriamente para o sistema de ensino brasileiro parece ser um sério erro pois, como traduzi-lo operacionalmente, a nível do currículo de 1.º e 2.º graus? Como formar adequadamente professores que ministrem tal ensino? No Brasil já foram feitas experiências em número e qualidade que possam fornecer critérios orientadores dessa formação?

Além disso, a tendência de atribuir a má qualidade do ensino ministrado à especialização do professor desvia a atenção de problemas reais que o magistério enfrenta e que são, em última instância, os fatores determinantes da qualidade do ensino: remuneração baixa do professor, condição sócio-econômica dos alunos, ausência de materiais didáticos etc. É possível esperar uma melhora na qualidade do ensino quando esse dispuser de professores polivalentes? É certo que não. Mantidas as circunstâncias antes enumeradas, o problema da qualidade do ensino tenderá a se agravar, pois não se pode pretender de um professor apenas o domínio do conteúdo específico de sua disciplina a nível do 1.º e 2.º graus, mas que tenha uma compreensão do processo de criação em sua área de conhecimento, bem como uma visão crítica da realidade educacional em que ele irá atuar.

Que currículo conduzirá a essa formação? A nosso ver essa pergunta não foi seriamente respondida. Para construir um currículo mínimo satisfatório seriam necessários amplos estudos reunindo pessoas competentes e interessadas num esforço de elaboração conjunta. Por outro lado, é preciso não esquecer que, mantidas as atuais condições de trabalho do professor, elas continuarão determinando em grande

parte, malgrado os esforços, a qualidade do ensino de 1.º e 2.º graus.

CONCLUSÃO

Mostramos, nesse trabalho, que embora existam duas concepções distintas e até contraditórias de curso de curta duração, quer se trate de formar tecnólogo, quer de formar professores, na realidade elas não divergem quanto as suas finalidades pois possibilitam ao Estado atender, a baixo custo, a demanda sempre crescente de ensino superior.

A tendência verificada é de que o atendimento dessa demanda vá fazer-se por meio de uma diferenciação nos papéis das instituições de ensino superior. A Universidade deverá continuar responsável pelo desenvolvimento da pesquisa e do ensino nos cursos mais "nobres", especialmente nos programas de Pós-Graduação. O Estado cuidará de promover, com recursos próprios ou em convênios com empresas, os cursos de formação de tecnólogos. Aqueles que envolvem poucos gastos, como os de licenciatura, ficarão a cargo das instituições particulares de ensino superior, que são, na realidade, as principais beneficiadas com a nova sistemática de licenciatura.

Por último, quisemos mostrar a função ideológica desempenhada pela idéia de ciência integrada, pressuposto básico no qual se assenta a res. 30. Em primeiro lugar, porque desvia a atenção dos problemas fundamentais que estão aí determinando a baixa qualidade do ensino de 1.º e 2.º graus. Em segundo lugar, porque justifica de um modo mais aceitável pelos educadores a velha fórmula de ensino polivalente de curta duração, agora proposta em tempo mais reduzido ainda.

Licenciatura em ciências: a experiência na Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ANTONIO B. J. B. TODESCO, Departamento de Físico-Química, Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

O Conselho Federal de Educação (CFE), pelas resoluções 30/74 e 37/75, respectivamente, fixou o currículo mínimo e tornou obrigatória a implantação da Licenciatura em Ciências como única da área científica.

Como a nova licenciatura devia substituir as licenciaturas plenas de Matemática, Física, Química e Ciências Biológicas, o Magnífico Reitor constituiu um grupo de trabalho, composto por representantes das áreas envolvidas com a finalidade de estudar o problema e elaborar o projeto de sua implantação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (U.F.R.G.S.).

De imediato o grupo verificou que:

a) A elaboração de um currículo de licenciatura de 1.º grau em Ciências com conteúdos e duração prevista na legislação não seria tarefa difícil.

b) A organização dos currículos de licenciatura plena em Ciências nas habilitações específicas em Matemática, Física, Química e Biologia embora um pouco mais complicado, também seria exequível, nos termos da legislação, mas em tempo superior à média prevista.

c) A licenciatura de 1.º grau em Ciências, além de apresentar terminalidade específica, deve obedecer a uma organização e metodologia, tendo por objetivo a formação geral e o aluno de 1.º grau.

d) O prolongamento em qualquer das habilitações específicas do estudo de matérias da parte comum com caráter de aprofundamento, só seria possível, retomando estas mesmas matérias com maior profundidade e extensão visando o aluno de 2.º grau.

e) As 1000 horas previstas na legislação, para a complementação visando a licenciatura plena, é um período de tempo demasiado limitado para tal finalidade.

f) A indicação 46/74 do C.F.E. ao explicitar os mínimos quer da parte comum como da diversificada da Licenciatura em Ciências, fixou conteúdos ora excessivamente detalhados, ora de caráter geral ou demasiadamente vagos.

Por outro lado, a U.F.R.G.S. através de resolução de seu Conselho de Coordenação do Ensino e da Pesquisa ao estabelecer os objetivos e programas de ação quanto às licenciaturas, decidiu que ofereceria Licenciaturas Plenas de Educação Geral e de Formação Especial.

Perante tal perspectiva, o grupo de trabalho decidiu elaborar currículos de licenciatura plena e buscou, sem prejudicar a qualidade da formação do professor para uma habilitação específica a nível de 2.º grau (Matemática, Física, Química e Biologia), que os mesmos atendessem, também, à formação para uma área mais ampla de Ciências para o ensino de 1.º grau.

O objetivo proposto revelou-se, porém, um tanto ambicioso.

Com efeito, a necessidade de acompanhar o vertiginoso desenvolvimento da ciência bem como a de propiciar ao aluno ingressante formação para efetivamente realizar um curso universitário, concorrem para tornar a distribuição curricular demasiado compacta e sobremaneira carregada, se estruturada em 4 (quatro) anos.

Por outro lado, a atividade profissional associada às habilitações em questão, quer a nível de remuneração, quer a nível de satisfação e condições de trabalho, não justifica uma estruturação curricular em prazo superior ao mencionado. Esta alternativa, aliás, conflitaria também com o interesse nacional de acelerar a formação de profissionais de nível superior.

Outrossim, a experiência de integração curricular, sobretudo da Matemática, com as

três outras ciências em foco, objeto de pesquisa em alguns países, é ainda incipiente, não permitindo, por conseguinte, obter conclusões cientificamente válidas sobre a generalização de tal integração.

Para solucionar o problema mantendo fidelidade ao objetivo proposto e ao mesmo tempo não contrariar a legislação, decidiu o grupo de trabalho usar da experiência vivida pela UFRGS nos cursos de licenciatura científica (Matemática, Física, Química e Ciências Biológicas) e a adoção de disciplinas alternativas para as matérias do núcleo comum. Ou seja, organizar currículos onde do núcleo comum, as disciplinas diretamente relacionadas com cada habilitação, seriam dispensadas para os alunos desta habilitação, tendo em vista que os conteúdos dessas disciplinas seriam abordados e desenvolvidos em nível compatível com a licenciatura plena. Evita-se desta forma a retomada do estudo de disciplinas com caráter de aprofundamento.

Os currículos da Licenciatura em Ciências com as Habilitações em Matemática, Física,

Química e Biologia estão indicados nos quadros I, II, III e IV.

Do exposto, verificamos que embora o grupo de trabalho tenha cumprido com a tarefa para a qual foi constituído, os currículos resultaram um tanto densos, e apesar de não contrariarem a legislação, a rigor, sua parte comum, na verdade é constituída de 4 (quatro) currículos com grande número de disciplinas comuns.

O Curso de Licenciatura em Ciências com as habilitações propostas foi implantado na UFRGS a partir do corrente ano letivo e as experiências não são nada alentadoras quer a nível de satisfação das Comissões de Carreira, quer a nível de aceitação por parte dos alunos. Embora ainda não se tenha dados estatísticos seguros, é possível prever um esvaziamento dessas licenciaturas uma vez que a preferência quase total dos alunos passou para os cursos de Bacharelado.

QUADRO II

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS. Habilitação em

QUADRO I

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS. Habilitação em

MATEMÁTICA FÍSICA QUÍMICA BIOLOGIA

Matrícula 01

<i>HUM-464</i>	<i>BIO-531</i>	<i>FIS-124</i>	<i>BIO-511</i>
<i>LET-180</i>	<i>FIS-124</i>	<i>HUM-464</i>	<i>BIO-530</i>
<i>MAT-133</i>	<i>HUM-464</i>	<i>LET-180</i>	<i>BIO-531*</i>
<i>MAT-137</i>	<i>LET-180</i>	<i>MAT-133</i>	<i>HUM-464</i>
	<i>MAT-133</i>	<i>QUI-101</i>	<i>LET-180</i>
	<i>QUI-103</i>	<i>QUI-103*</i>	<i>MAT-133</i>
			<i>MAT-137</i>
			<i>QUI-103</i>

Matrícula 02

<i>BIO-531</i>	<i>BIO-532</i>	<i>BIO-531</i>	<i>BIO-204</i>
<i>FIS-141</i>	<i>FIS-125</i>	<i>Prát. Desp. I</i>	<i>BIO-226*</i>
<i>MAT-134</i>	<i>FIS-141*</i>	<i>FIS-125</i>	<i>BIO-406</i>
<i>MAT-136</i>	<i>MAT-134</i>	<i>FIS-141*</i>	<i>BIO-420*</i>
<i>QUI-103</i>	<i>MAT-137</i>	<i>LET-208</i>	<i>BIO-532*</i>
	<i>QUI-104</i>	<i>LET-248</i>	<i>P. Desp. I</i>
		<i>LET-268</i>	<i>FIS-141</i>
		<i>MAT-134</i>	<i>MAT-136</i>
		<i>MAT-137</i>	<i>QUI-104</i>
		<i>QUI-102</i>	<i>QUI-201</i>
		<i>QUI-107</i>	

MATEMÁTICA FÍSICA QUÍMICA BIOLOGIA

Matrícula 03

<i>BIO-420</i>	<i>BIO-420</i>	<i>BIO-420</i>	<i>BIO-112</i>
<i>BIO-532</i>	<i>EDU-102</i>	<i>BIO-532</i>	<i>BIO-113</i>
<i>EDU-102</i>	<i>P. Desp. II</i>	<i>P. Desp. II</i>	<i>BIO-314</i>
<i>Prát. Desp. II</i>	<i>FIS-126</i>	<i>FIS-126</i>	<i>BIO-407</i>
<i>FIS-142</i>	<i>FIS-142*</i>	<i>FIS-142*</i>	<i>BIO-510</i>
<i>MAT-158</i>	<i>MAT-136</i>	<i>LET-209</i>	<i>P. Desp. II</i>
<i>QUI-104</i>	<i>MAT-158</i>	<i>LET-249</i>	<i>FIS-142</i>
	<i>CPD-101</i>	<i>LET-269</i>	<i>MAT-219</i>
	<i>CPD-106</i>	<i>MAT-158</i>	
		<i>QUI-104</i>	
		<i>QUI-201*</i>	
		<i>QUI-202</i>	
		<i>QUI-209</i>	

Matrícula 04

<i>BIO-226</i>	<i>BIO-226</i>	<i>BIO-226</i>	<i>BIO-220</i>
<i>EDU-201</i>	<i>FIS-105</i>	<i>CPD-101</i>	<i>BIO-348</i>
<i>GEO-226</i>	<i>FIS-127</i>	<i>CPD-106</i>	<i>BIO-408</i>
<i>MAT-155</i>	<i>MAT-219</i>	<i>EDU-102</i>	<i>BIO-522</i>
<i>MAT-219</i>	<i>QUI-201</i>	<i>FIS-127</i>	<i>BIO-701</i>
<i>QUI-201</i>	<i>EDU-104</i>	<i>GEO-226*</i>	<i>GEO-226</i>
<i>EDU-104</i>	<i>EDU-105</i>	<i>GEO-304</i>	
<i>EDU-105</i>		<i>MAT-159</i>	
		<i>QUI-108</i>	
		<i>QUI-203</i>	
		<i>QUI-210</i>	

As disciplinas *em grifo* pertencem ao núcleo comum.

* Disciplinas do núcleo comum dispensadas para habilitação em questão.

As disciplinas *em grifo* pertencem ao núcleo comum.

* Disciplinas do núcleo comum dispensadas para habilitação em questão.

QUADRO III

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS. Habilitação em				MATEMÁTICA	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLOGIA
MATEMÁTICA	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLOGIA				
<i>Matrícula 05</i>							
BIO-416	BIO-416	BIO-112	BIO-222				
EDU-238	EDU-201	BIO-113	BIO-341				
EDU-240	EDU-240	BIO-416	BIO-349				
EDU-329	FIS-107	EDU-109	BIO-409				
MAT-138	FIS-131	MAT-136	BIO-702				
	MAT-159	QUI-109	EDU-102				
		QUI-207	EDU-240				
		EDU-104					
		EDU-105					
<i>Matrícula 06</i>							
MAT-135	EDU-238	BIO-103	BIO-223				
MAT-139	EDU-329	EDU-201	BIO-350				
MAT-159	FIS-114	EDU-240	BIO-353				
MAT-164	FIS-132	EDU-329	BIO-410				
CPD-101	FIS-153	GEO-302	BIO-708				
CPD-106	GEO-226	MAT-219	EDU-329				
		QUI-110	GEO-411				
		QUI-208	EDU-104				
		QUI-301	EDU-105				
As disciplinas em grifo pertencem ao núcleo comum.							
* Disciplinas do núcleo comum dispensadas para habilitação em questão.							

QUADRO IV

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS. Habilitação em				MATEMÁTICA	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLOGIA
MATEMÁTICA	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLOGIA				
<i>Matrícula 07</i>							
MAT-106	EDU-202	BIO-104	BIO-219				
MAT-140	FIS-113	EDU-106	BIO-404				
MAT-151	FIS-134	EDU-202	BIO-412				

RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS

CÓDIGO	NOME	C/HOR:	CRÉD.	CARÁTER
ARQ-313	DESENHO GEOMÉTRICO E GEOM. DESCRITIVA	03	03	Eletiva
BIO-103	BIOQUÍMICA I	08	06	Eletiva
BIO-104	BIOQUÍMICA II	08	06	Eletiva
BIO-112	BIOQUÍMICA FUNDAMENTAL	06	06	Obrigat.
BIO-113	BIOQUÍMICA EXPERIMENTAL	02	01	Obrigat.
BIO-204	BOTÂNICA GERAL	04	04	Obrigat.
BIO-210	ECOLOGIA VEGETAL	05	05	Obrigat.

BIO-219	FISIOLOGIA VEGETAL	05	05	Obrigat.
BIO-220	BOTÂNICA SISTEMÁTICA E ECON. DE TALOFITAS	06	06	Obrigat.
BIO-222	BOTÂNICA SISTEMÁTICA E ECON. DE ARQ. E GIMN.	06	06	Obrigat.
BIO-223	BOTÂNICA SISTEMÁTICA E ECON. DE ANGIOSPERMAS	06	06	Obrigat.
BIO-226	BOTÂNICA GERAL E SISTEMÁTICA	04	04	Obrigat.
BIO-314	BIOFÍSICA	04	04	Obrigat.
BIO-341	FISIOLOGIA HUMANA	03	03	Obrigat.
BIO-348	FISIOLOGIA GERAL HUMANA E COMPARADA I	04	04	Obrigat.
BIO-349	FISIOLOGIA GERAL HUMANA E COMPARADA II	04	04	Obrigat.
BIO-350	FISIOLOGIA GERAL HUMANA E COMPARADA III	04	04	Obrigat.
BIO-353	COMPLEMENTOS DE FISIOLOGIA ANIMAL			
	COMPARADA	01	01	Obrigat.
BIO-404	OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA	05	05	Obrigat.
BIO-406	ZOOLOGIA I	05	05	Obrigat.
BIO-407	ZOOLOGIA II	05	05	Obrigat.
BIO-408	ZOOLOGIA III	05	05	Obrigat.
BIO-409	ZOOLOGIA IV	05	05	Obrigat.
BIO-410	ZOOLOGIA V	05	05	Obrigat.
BIO-411	ECOLOGIA ANIMAL	05	05	Obrigat.
BIO-412	ZOOLOGIA VI	05	05	Obrigat.
BIO-416	ECOLOGIA GERAL	05	05	Obrigat.
BIO-420	ZOOLOGIA GERAL A	04	04	Obrigat.
BIO-510	CITOLOGIA	05	05	Obrigat.
BIO-511	ANATOMIA HUMANA	03	03	Obrigat.
BIO-522	EMBRIOLOGIA	05	05	Obrigat.
BIO-530	HISTOLOGIA	05	05	Obrigat.
BIO-531	BIOLOGIA GERAL I	02	02	Obrigat.
BIO-532	BIOLOGIA GERAL II	02	02	Obrigat.
BIO-701	GENÉTICA I	05	05	Obrigat.
BIO-702	GENÉTICA II	05	05	Obrigat.
BIO-708	EVOLUÇÃO	04	04	Obrigat.
CPD-101	COMPUTAÇÃO BÁSICA - FORTRAN	04	04	Alternativa
CPD-106	COMPUTAÇÃO BÁSICA - ALGOL	04	04	Alternativa
CPD-114	TÉCNICA DE PROGRAMAÇÃO	04	04	Eletiva
ECO-120	PESQUISA OPERACIONAL I	04	04	Eletiva
ECO-121	PESQUISA OPERACIONAL II	04	04	Eletiva
EDU-102	PSICOPEDAGOGIA DE DESENV. INDIVIDUAL	03	03	Obrigat.
EDU-104	PSICOLOGIA DA APRENDIZAGEM	03	03	Alternativa
EDU-105	PSICOLOGIA DO ENSINO	03	03	Alternativa
EDU-106	INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA EDUCAÇÃO	04	04	Eletiva
EDU-109	EDUCAÇÃO E MUDANÇA SOCIAL	02	02	Eletiva
EDU-201	DIDÁTICA I	04	04	Obrigat.
EDU-202	DIDÁTICA II	02	02	Obrigat.
EDU-204	SEMINÁRIO INTEGRADO DE EDUCAÇÃO	02	02	Eletiva
EDU-207	METODOLOGIA DO ENSINO DE 1.º GRAU I	04	04	Eletiva
EDU-208	METODOLOGIA DO ENSINO DE 1.º GRAU II	04	04	Eletiva
EDU-211	CURRÍCULOS E PROGRAMAS I	04	04	Eletiva
EDU-212	CURRÍCULOS E PROGRAMAS II	04	04	Eletiva
EDU-213	SEMINÁRIOS DE INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO	04	04	Eletiva
EDU-217	PRÁTICA DE ENSINO EM MATEMÁTICA	06	06	Obrigat.
EDU-220	PRÁTICA DO ENSINO EM FÍSICA	06	06	Obrigat.
EDU-221	INICIAÇÃO À PRÁTICA DE ENSINO EM QUÍMICA	02	02	Obrigat.
EDU-222	PRÁTICA DE ENSINO EM QUÍMICA	06	06	Obrigat.
EDU-231	PRÁTICA DE ENSINO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	06	06	Obrigat.
EDU-238	PRÁTICA DO ENSINO EM CIÊNCIAS	04	04	Obrigat.
EDU-240	INSTRUMENTAÇÃO P. ENSINO DE CIÊNCIAS	04	04	Obrigat.
EDU-329	ESTRUT. E FUNC. DO ENS. DE I E II GRAU	04	04	Obrigat.
FIS-105	MECÂNICA GERAL	06	06	Obrigat.
FIS-106	MECÂNICA ANALÍTICA	06	06	Eletiva
FIS-107	INTRODUÇÃO À ELETRÔNICA I	04	03	Obrigat.
FIS-113	LABORATÓRIO I	06	04	Obrigat.
FIS-114	MECÂNICA QUÂNTICA I	06	06	Obrigat.

FIS-115	ESTRUTURA DA MATÉRIA	06	06	Obrigat.
FIS-117	LABORATÓRIO II	06	04	Eletiva
FIS-119	INTRODUÇÃO À ELETRÔNICA II	04	03	Eletiva
FIS-124	FÍSICA I A	06	06	Obrigat.
FIS-125	FÍSICA II A	06	06	Obrigat.
FIS-126	FÍSICA III A	06	06	Obrigat.
FIS-127	FÍSICA IV A	06	06	Obrigat.
FIS-131	UNID. CONT. ESC. DE II ou 1.º GRAU I	04	04	Obrigat.
FIS-132	UNID. CONT. ESC. DE II ou 1.º GRAU II	04	04	Obrigat.
FIS-134	INSTRUMENTAÇÃO PARA LABORATÓRIO I	04	02	Obrigat.
FIS-135	INSTRUMENTAÇÃO PARA LABORATÓRIO II	04	02	Obrigat.
FIS-136	SEM. TOP. ESP. DE FÍSICA GERAL I	04	04	Obrigat.
FIS-137	SEM. TOP. ESP. DE FÍSICA GERAL II	04	04	Obrigat.
FIS-141	FÍSICA GERAL I	06	06	Obrigat.
FIS-142	FÍSICA GERAL II	06	06	Obrigat.
FIS-153	FÍSICA APLICADA I	04	04	Obrigat.
FIS-154	FÍSICA APLICADA II	04	04	Obrigat.
FIS-202	ASTRONOMIA ESFÉRICA E PRÁTICA	04	03	Eletiva
FIS-204	FUNDAM. DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA	06	06	Obrigat.
GEO-226	GEOLOGIA	03	03	Obrigat.
GEO-302	MINERALOGIA B	05	03	Obrigat.
GEO-304	CRISTALOGRAFIA	06	04	Eletiva
GEO-411	PALEONTOLOGIA	06	06	Obrigat.
HUM-401	ESTUDO DE PROBLEMAS BRASILEIROS II	02	02	Obrigat.
HUM-460	INTRODUÇÃO À SOCIOLOGIA	04	04	Obrigat.
HUM-464	ESTUDOS DE PROBLEMAS BRASILEIROS I	02	02	Obrigat.
LET-180	LÍNGUA PORTUGUESA	06	06	Obrigat.
LET-208	ALEMÃO INSTRUMENTAL I	02	02	Eletiva
LET-209	ALEMÃO INSTRUMENTAL II	02	02	Eletiva
LET-248	FRANCÊS INSTRUMENTAL I	02	02	Eletiva
LET-249	FRANCÊS INSTRUMENTAL II	02	02	Eletiva
LET-268	INGLÊS INSTRUMENTAL I	02	02	Eletiva
LET-269	INGLÊS INSTRUMENTAL II	02	02	Eletiva
MAT-106	CÁLCULO NUMÉRICO	04	04	Obrigat.
MAT-133	CÁLCULO E GEOMETRIA ANALÍTICA I	08	08	Obrigat.
MAT-134	CÁLCULO E GEOMETRIA ANALÍTICA II	08	08	Obrigat.
MAT-135	INTRODUÇÃO À ANÁLISE	06	06	Obrigat.
MAT-136	INTRODUÇÃO À GEOMETRIA	04	04	Obrigat.
MAT-137	INTRODUÇÃO À ÁLGEBRA	04	04	Obrigat.
MAT-138	ÁLGEBRA I-L.	04	04	Obrigat.
MAT-139	ÁLGEBRA II-L	04	04	Obrigat.
MAT-140	ÁLGEBRA III-L	04	04	Obrigat.
MAT-142	ANÁLISE II	05	05	Eletiva
MAT-143	ANÁLISE III	04	04	Eletiva
MAT-144	ANÁLISE IV	04	04	Eletiva
MAT-145	VARIÁVEL COMPLEXA	04	04	Eletiva
MAT-146	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS	03	03	Eletiva
MAT-151	TOPOLOGIA I	03	03	Obrigat.
MAT-152	TOPOLOGIA II	03	03	Eletiva
MAT-153	GEOMETRIA DIFERENCIAL	04	04	Eletiva
MAT-155	ÁLGEBRA LINEAR I	04	04	Obrigat.
MAT-156	ÁLGEBRA LINEAR II	04	04	Eletiva
MAT-158	CÁLCULO A VÁRIAS VARIÁVEIS	06	06	Obrigat.
MAT-159	MATEMÁTICA APLICADA	04	04	Obrigat.
MAT-160	EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO MATEMÁTICO	04	04	Obrigat.
MAT-164	MATEMÁTICA NO PRIM. E SEG. GRAU I	06	06	Obrigat.
MAT-165	MATEMÁTICA NO PRIM. E SEG. GRAU II	06	06	Obrigat.
MAT-203	PROBABILIDADE MATEMÁTICA	04	04	Obrigat.
MAT-204	ESTATÍSTICA MATEMÁTICA	04	04	Obrigat.
MAT-219	PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA	04	04	Obrigat.
QUI-101	QUÍMICA GERAL I	04	04	Obrigat.
QUI-102	QUÍMICA GERAL II	04	04	Obrigat.

QUI-103	QUÍMICA GERAL B	05	04	Obrigat.
QUI-104	QUÍMICA INORGÂNICA	04	04	Obrigat.
QUI-107	QUÍMICA GERAL EXPERIMENTAL	03	02	Obrigat.
QUI-108	QUÍMICA INORGÂNICA EXPERIMENTAL	04	02	Obrigat.
QUI-109	QUÍMICA ANALÍTICA QUANTITATIVA I	08	05	Eletiva
QUI-110	QUÍMICA ANALÍTICA QUANTITATIVA II	06	04	Eletiva
QUI-114	EVOLUÇÃO DA QUÍMICA	04	04	Obrigat.
QUI-201	QUÍMICA ORGÂNICA FUNDAMENTAL	04	04	Obrigat.
QUI-202	QUÍMICA ORGÂNICA I	04	04	Obrigat.
QUI-203	QUÍMICA ORGÂNICA II	04	04	Obrigat.
QUI-207	ANÁLISE ORGÂNICA	04	02	Eletiva
QUI-208	SÍNTESE ORGÂNICA	04	02	Eletiva
QUI-209	QUÍMICA ORG. PRÁTICA FUNDAMENTAL	04	02	Obrigat.
QUI-210	FUND. DE SÍNTESE E ANÁLISE ORGÂNICA	04	02	Obrigat.
QUI-301	FÍSICO-QUÍMICA I	05	05	Obrigat.
QUI-302	FÍSICO-QUÍMICA II	05	05	Obrigat.
QUI-303	FÍSICO-QUÍMICA III	05	05	Obrigat.
QUI-305	FÍSICO-QUÍMICA EXPERIMENTAL I	03	02	Obrigat.
QUI-306	FÍSICO-QUÍMICA EXPERIMENTAL II	03	02	Obrigat.
QUI-308	QUÍMICA NUCLEAR E RADIOQUÍMICA	06	06	Obrigat.

Formação de professores para o 1.º e 2.º graus: a licenciatura em ciências

MARCIO QUINTÃO MORENO, Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais

1. Em 2 de dezembro de 1975 o Conselho Federal de Educação aprovou, para vigorar a partir de 1977, os novos currículos mínimos para os Cursos de Engenharia, oficializando, praticamente sem alterações, o trabalho realizado pela Comissão de Ensino de Engenharia, criada no Ministério da Educação e Cultura e constituída de 10 membros. No decorrer do trabalho da Comissão, houve *"visitas efetuadas pelos seus membros a todas as instituições de ensino de Engenharia no País"*. Além disso, *"por cerca de dois anos, continuou a Comissão a estudar as tendências existentes quanto à formação do engenheiro"*, *"em reuniões e seminários com universidades, Associações de Classe e Organizações Setoriais vinculadas aos diferentes ramos da Engenharia"*. O relatório da Comissão mencionada registra os nomes de dezenas de docentes e instituições que foram consultados ou se manifestaram com relação ao currículo em estudo (1).

2. Em 07 de junho de 1974 o Conselho Federal de Educação aprovou a indicação n.º 46, da qual resultou a Resolução n.º 30 que estabeleceu a *"Licenciatura em Ciências"*, extinguindo ao mesmo tempo as licenciaturas atuais em Ciências Biológicas, Física, Matemática e Química; o novo currículo deveria vigorar seis meses depois, em 1975, o que só não ocorreu em consequência das reiteradas objeções apresentadas ao C.F.E. pelas instituições visadas. Quanto à elaboração do currículo da nova licenciatura, sabe-se, pelo que consta da Indicação n.º 46, que houve *"contribuição direta ou indireta de professores de ciências dos mais variados pontos do País e, notadamente, das universidades de Brasília e de São Paulo"* (2). Não há registro de comissão incumbida de estudar a matéria nem durante uma semana; não se conhecem visitas a instituições que ensinam ciências, nem reuniões ou seminários com organizações setoriais e associações de

classe vinculadas aos diferentes ramos da ciência.

3. A gênese da Resolução 30/74 é bastante instrutiva. Ela ensina, em primeiro lugar, que certas carreiras são suficientemente importantes para que os respectivos currículos mereçam ser discutidos pelas instituições que as ensinam e por organizações profissionais da área. Outras carreiras são tratadas como se não houvessem ainda alcançado a maioria; a formação dos profissionais dessas carreiras marginais não demanda maiores discussões, de que participem as instituições universitárias e organizações profissionais nelas interessadas. As contribuições que acaso tenha havido, nesse segundo caso, podem ser relegadas ao anonimato.

Além desse aspecto, há outro que reforça a impressão de que a formação do docente de ciência para o ensino fundamental é tratada em nível inferior ao de outras carreiras. Trata-se da virtual impossibilidade de estruturar para a licenciatura em ciências um ciclo básico comum com o de outros cursos afins. Na instituição a que pertencem, pelo menos, as tentativas nesse sentido malograram até agora. Por que a preocupação com esse aspecto? Inicialmente, porque isso irá agravar o recrutamento de candidatos ao magistério de 2.º grau, reforçando a conhecida distorção devida a fatores históricos, sociais, econômicos, etc., pela qual existem profissões "nobres" e outras nem tanto. O aluno de licenciatura em ciências pertencerá à segunda categoria: ele não poderá cursar as mesmas disciplinas básicas que seus colegas de engenharia ou de arquitetura, nem mesmo do bacharelado (supondo que este também não venha a ser suprimido por inútil); o aluno de licenciatura em ciências estará matriculado em um *"subcurso"*. Além disso, causa surpresa que alguns dos princípios mais festejados da

reforma universitária tenham sido simplesmente ignorados; refiro-me à instituição do *"primeiro ciclo comum a todos os cursos ou a grupos de cursos afins"* e a uma das funções mais importantes a ele atribuídas: a *orientação para escolha da carreira*" (decreto-lei 464/69, artigo 5.º). Não dispondo de ciclo inicial comum com outras carreiras, o curso de licenciatura em ciências exigirá de seus alunos uma opção precoce e irreversível — dois defeitos da sistemática anterior que a reforma universitária procurou corrigir.

4. A Indicação 46 parece ter-se inspirado, entre outras fontes, numa presumida inadequação entre as licenciaturas específicas atuais e as necessidades do ensino fundamental. É transparente, na decisão adotada, a convicção de que podemos alterar a realidade mediante abstrações e nominalismos. A formação atual do professor é deficiente? Essa deficiência é corrigida facilmente: primeiro, mudam-se os nomes dos cursos, matérias e diplomas, já que não podemos mudar os professores que vão formar os futuros docentes; segundo, justapõe-se uma boa quantidade de conhecimentos heterogêneos, de preferência superficiais, de forma a constituir um currículo enciclopédico, do qual sairá, em poucos semestres, um professor de *"ciência integrada"* que inexoravelmente ministrará um ensino de alta eficácia.

Admitamos, para argumentar, que exista *"ciência integrada"* no sentido da Resolução 30/74. Coloca-se a questão: as nossas instituições de ensino estão capacitadas a ensinar *"ciência integrada"*, elas que aparentemente estão formando tão mal os professores de *"ciência específica"*? Qual a experiência brasileira em matéria de *"ciência integrada"*? Quantas de nossas universidades e escolas isoladas possuem grupos de pesquisadores que venham desenvolvendo estudos nessa área? Quantos de nossos pesquisadores têm tido atuação criativa em várias áreas científicas que lhes assegure título de autoridades em *"ciência integrada"*? Quantos deles participarão da formação dos nossos professores *"integrados"*? Creio que a resposta satisfatória a essas perguntas é indispensável para haver garantia de êxito do novo curso, que será obrigatório praticamente sem conceder tempo de adaptação às instituições de ensino.

5. Estou convencido de que um dos resultados imediatos mais lamentáveis da obrigatoriedade da *"licenciatura em ciências"* será a de incentivar a tendência de nossos es-

tudantes à superficialidade. Vários fatores contribuirão para isso: o despreparo dos próprios professores que vão ministrar o novo curso, formados à moda *"antiga"* em ciência específica; a heterogeneidade das matérias que vão coexistir em cada semestre; a presunção dos *"conteúdos"* que devem ser ministrados, a deficiência da bibliografia em português, agravada pela quase impossibilidade de importá-los de outros países; a paucidade costumeira de nossas bibliotecas e laboratórios de ensino. Consideremos um pouco mais este último aspecto: o ensino experimental, deficiente em quase todas as nossas instituições, por mais constrangedor que seja reconhecê-lo. A solução previsível será a progressiva substituição do trabalho laboratorial de hoje, ainda que deficiente, por *"mind experiences"*, isto é, pelo conhecimento livresco, que encontrará assim novo estímulo. Julgando pela minha própria experiência, creio que muito há ainda a fazer para que os padrões de ensino experimental sejam adequados nas licenciaturas específicas atuais; ao que parece, aumentando o número de alunos a serem atendidos o problema se resolverá sem dificuldade.

Pode-se temer, além disso, o esvaziamento dos cursos de formação de professores do 1.º e 2.º graus, profissão que não se destaca propriamente pelos exagerados atrativos. Com efeito, presumo que respeitável percentagem de candidatos potenciais à licenciatura mudará de opção, pela simples e boa razão de que nem todo interessado em ensinar matemática irá conformar-se em estudar toda a biologia e toda a química previstas para o novo curso; o mesmo se poderá dizer dos que visam ensinar biologia, ou química. Em outros termos — é um truismo o que vai ser afirmado — parece não ter merecido o realce devido a *motivação* que levou à escolha do curso.

6. A Resolução 30/74 incorporou implicitamente um ponto de vista discutível quanto à formação de professores de disciplinas científicas: o de que, para habilitar-se a ensinar ciências em nível elementar, o docente deve submeter-se ao estudo formal e superficial de todas as ciências que deva eventualmente ensinar em nível elementar. Admitir esse ponto de vista implica, a meu ver, em negar a própria unidade da ciência. Parece-me que a preocupação fundamental na formação do professor de ciência há de ser a de transmitir-lhe uma atitude crítica em face dos fenômenos naturais, a de capacitá-lo a um comportamento analítico.

Para isso, não é necessário que o futuro professor tenha de dispersar-se no estudo de inúmeras matérias que ele só poderá abordar de modo superficial — principalmente se o curso deve (ou pode) ser realizado em 4 a 6 semestres. A fim de adquirir essa atitude crítica, é indispensável que o futuro professor tenha oportunidade de concentrar-se em uma determinada matéria e estudá-la com alguma profundidade — o que seguramente ele não alcançara estudando noções de vários assuntos. O “*espírito científico*” só pode ser adquirido se houver ocasião de aplicar o “*método científico*” durante algum tempo.

Essa atitude crítica, uma vez adquirida, é transferível para outros ramos da ciência, ainda que utilizem metodologias diversas é o que caracteriza a unidade da ciência. Isto, por outro lado, torna importante que a formação “*técnica*” do futuro professor seja substancialmente a mesma do pesquisador, razão pela qual o curso de licenciatura, em um ramo científico deve ser muito próximo do que forma o cientista profissional (3). Como já foi apontado, o currículo de “*licenciatura em ciências*” torna impraticável alcançar essa condição.

7. Ao estabelecer a licenciatura em ciências, não foram consideradas outras alternativas — em consequência, provavelmente, da maneira hermética como o assunto foi abordado, excluindo-se de sua discussão os maiores interessados, isto é, as instituições de ensino e pesquisa.

Uma alternativa para corrigir possíveis falhas na formação do professor de ciências do 1.º grau seria considerar a habilitação para ministrar essa disciplina como *adicional* ao registro como professor de física ou biologia, cursando o interessado, para isso, uma disciplina de metodologia ou didática de ciências.

Em síntese, uma solução correta para a questão só poderá ser alcançada mediante um debate amplo e aberto, de que participarem as universidades e as organizações científicas, cuja experiência foi ignorada.

CONCLUSÕES*

1.ª O Curso de licenciatura em ciências, instituído pela Resolução 30/74 do CFE, resultou de estudos de que não participaram as instituições universitárias, nem as associações científicas, não refletindo por isso as aspirações nem a experiência dessas instituições;

2.ª A experiência brasileira em matéria de ensino de “*ciência integrada*” é extremamente reduzida. Embora as licenciaturas atuais apresentem deficiências que devem ser corrigidas, seria irresponsável, na fase atual, adotar a “*licenciatura em ciências*” como modelo único para formação do professor de ciências do 1.º e 2.º graus;

3.ª É grandemente desejável o reexame da “*licenciatura em ciências*”, mediante um processo análogo ao que foi adotado para outras carreiras: com ampla discussão de que participem as instituições universitárias, as organizações científicas correlatas e as entidades representativas dos professores de 1.º e 2.º graus;

4.ª O mesmo procedimento de consulta às instituições de ensino e às entidades científicas e de representação de professores deve ser adotado no estudo de outras licenciaturas semelhantes.

5.ª A importância da matéria recomenda que as conclusões acima sejam transmitidas ao Exmo Sr. Ministro da Educação e Cultura e ao Conselho Federal de Educação, pois da obrigatoriedade da licenciatura em ciências como modelo único de formação de professores para o ensino de 1.º e 2.º graus poderão resultar consequências nocivas para o ensino e para os próprios licenciados.

REFERÊNCIAS

1. *Documenta*, n.º 181, dezembro de 1975, pp. 142, 168.
2. *Indicação* n.º 46, p. 12
3. “A survey of the teaching of physics at universities”; UNESCO, Paris, 1966.

*Ao fim do Simpósio sobre formação de professores de disciplinas científicas no 1.º e 2.º graus estas conclusões foram aprovadas por aclamação pelo plenário.



Capa: Luís Diaz.

Composição: Helvética S.C. Produções Editoriais Ltda.
Rua General Flores, 529, Bom Retiro.

Fotolitos: Setacolor Ltda., F: 272-5278. **Impressão e
acabamento:** Poligráfica Ltda., F: 291-7811.

Produção: Cerifa Gráfica e Editora Ltda., Alameda Jaú,
404 — 01420 — Jardim Paulista — São Paulo — SP. —
Tel. 287-1825.

