

debates
debates
debates

ecologia

Donella H. Meadows
Dennis L. Meadows
Jørgen Randers
William W. Behrens III

LIMITES DO CRESCIMENTO



EDITORA PERSPECTIVA

Coleção Debates
Dirigida por J. Guinsburg

Donella H. Meadows
Dennis L. Meadows
Jørgen Randers
William W. Behrens III

LIMITES DO CRESCIMENTO

Um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre
o Dilema da Humanidade

Equipe de realização — Tradução.: Inês M. F. Litto; Revisão:
Eglacy Porto Silva; Produção: Plínio Martins Filho.



EDITORA PERSPECTIVA

Título do original:

The Limits to Growth

© Dennis L. Meadows 1972

Direitos sobre as ilustrações reservados
à Potomac Associates

2.ª edição - 1978

Direitos para a língua portuguesa reservados à

EDITORA PERSPECTIVA S.A.
Av. Brigadeiro Luís Antônio, 3025
Telefone 288-8388
01401 São Paulo Brasil
1973

Ao Dr. Aurelio Peccei, cujo interesse profundo
pela humanidade nos inspirou, e também a muitos ou-
tros, a pensar sobre os futuros problemas mundiais.

A EQUIPE DO PROJETO MIT

- DR. DENNIS L. MEADOWS, diretor, Estados Unidos
DR. ALISON A. ANDERSON, Estados Unidos (poluição)
DR. JAY M. ANDERSON, Estados Unidos (poluição)
ILYAS BAYAR, Turquia (agricultura)
WILLIAM W. BEHRENS III, Estados Unidos (reservas)
FARHAD HAKIMZADEH, Irã (população)
DR. STEFFEN HARBORDT, Alemanha (tendências político-sociais)
JUDITH A. MACHEN, Estados Unidos (administração)
DR. DONELLA H. MEADOWS, Estados Unidos (população)
PETER MILLING, Alemanha (capital)
NIRMALA S. MURTHY, Índia (população)
ROGER F. NAILL, Estados Unidos (reservas)
JØRGEN RANDERS, Noruega (poluição)
STEPHEN SHANTZIS, Estados Unidos (agricultura)
JOHN A. SEEGER, Estados Unidos (administração)
MARILYN WILLIAMS, Estados Unidos (documentação)
DR. ERICH K. O. ZAHN, Alemanha (agricultura)

SUMÁRIO

Prefácio	9
Introdução	13
<i>A natureza do crescimento exponencial</i>	21
<i>Os limites do crescimento exponencial</i>	43
<i>O crescimento no sistema mundial</i>	85
<i>A tecnologia e os limites do crescimento</i>	127
<i>O estado de equilíbrio global</i>	153
Comentário	181
Apêndice	193
Notas	197

A EQUIPE DO PROJETO MIT

- Dr. Dennis P. Meadows, Arthur Charles Young
Dr. Albert A. Simons, Richard (Dick) Good
Dr. Jay W. Anderson, William (Bill) Forster
Raymond Baner, Leonard (Lenny) Fogel
William D. Borner, Jr., Eugene (Gene) Gribbin
Franco Moretti, Robert (Bob) Goodland
Dr. Stephen W. Dreyfus, Alexander (Alex) Dreyfus
(1964-1965)
Rudolf A. Madar, Eugene (Eugene) Hollas, Robert
Dr. Donald H. Meadows, Barry (Barry) Goldwater
Peter (Peter) Scherer, Richard (Dick) Good
Nancy (Nancy) Soderstrom, Richard (Dick) Good
Ruth (Ruth) Soderstrom, Richard (Dick) Good
Richard (Dick) Good, Richard (Dick) Good
STEPHEN W. DREYFUS, DONALD H. MEADOWS
RUDOLF A. MADAR, EUGENE HOLLAS, ROBERT
MADAR, WALTER D. REED, DONALD H. MEADOWS
Dr. John F. Kennedy, Arthur (Art) Schlesinger

SUMÁRIO

1	Introdução
11	A natureza do crescimento exponencial
21	Os limites do crescimento exponencial
43	O crescimento no sistema mundial
82	A tecnologia e os limites do crescimento
127	O estado de equilíbrio global
133	Comentário
181	Apêndice
193	Notas

... em 1968, um grupo de trinta pessoas de dez países — cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional — reuniram-se na Accademia dei Lincei, em Roma. Instados pelo Dr. Aurelio Peccei, empresário industrial italiano, economista e homem de visão, encontraram-se para discutir um assunto de enorme amplitude: os dilemas atuais e futuros do homem.

O Clube de Roma surgiu como uma organização informal e descreta, com muita propriedade, como um "colégio invisível". Suas finalidades são proporcionar um fórum para a discussão de temas de importância mundial, com o propósito de aproximar as diversas áreas de conhecimento e promover a troca de ideias e experiências. O Clube de Roma é formado por membros de vinte e cinco nacionalidades, incluindo os seguintes membros: cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional.

A formação do movimento do Clube de Roma é um fenômeno que ocorreu em um momento de grande importância histórica. O Clube de Roma é formado por membros de vinte e cinco nacionalidades, incluindo os seguintes membros: cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional.

PREFÁCIO

Em abril de 1968, um grupo de trinta pessoas de dez países — cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos de nível nacional e internacional — reuniram-se na Accademia dei Lincei, em Roma. Instados pelo Dr. Aurelio Peccei, empresário industrial italiano, economista e homem de visão, encontraram-se para discutir um assunto de enorme amplitude: os dilemas atuais e futuros do homem.

O Clube de Roma

Deste encontro nasceu o Clube de Roma, uma organização informal, descrita, com muita propriedade, como um "colégio invisível". Suas finalidades são proporcionar um fórum para a discussão de temas de importância mundial, com o propósito de aproximar as diversas áreas de conhecimento e promover a troca de ideias e experiências.

mover o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes — econômicos, políticos, naturais e sociais — que formam o sistema global em que vivemos; chamar a atenção dos que são responsáveis por decisões de alto alcance, e do público do mundo inteiro, para aquele novo modo de entender, e, assim, promover novas iniciativas e planos de ação.

O Clube de Roma continua sendo uma associação informal e internacional, com um quadro de associados que se eleva agora a aproximadamente setenta pessoas de vinte e cinco nacionalidades. Nenhum de seus membros ocupa cargos eletivos, e o grupo não procura expressar qualquer ponto de vista particular, seja ideológico, político ou nacional. Contudo, todos estão unidos pela profunda convicção de que os grandes problemas que desafiam a humanidade são de tanta complexidade, e são tão inter-relacionados, que as instituições e os planos de ação tradicionais já não são capazes de superá-los, nem mesmo de enfrentá-los em seu conjunto.

A formação dos membros do Clube de Roma é tão variada quanto sua nacionalidade. Assim, o Dr. Peccei, ainda a força impulsionadora dentro do grupo, é associado à Fiat e à Olivetti, e administra uma firma consultora para o Desenvolvimento Econômico e de Engenharia, a Italconsult, uma das maiores do ramo, na Europa. O Clube de Roma conta, entre outros líderes, com Hugo Thiemann, chefe do Battelle Institute em Genebra, Alexander King, diretor científico da Organization for Economic Cooperation and Development; Saburo Okita, chefe do Japan Economic Research Center em Tóquio; Eduard Pestel da Technical University of Hannover, Alemanha; e Carrol Wilson do Massachusetts Institute of Technology. Apesar de limitado o número de seus membros, não podendo ultrapassar os cem, o Clube de Roma vem-se expandindo com o objetivo de incluir representantes de uma variedade ainda maior de culturas, nacionalidades e sistemas de valor.

O Projeto sobre o Dilema da Humanidade

Uma série de encontros preliminares do Clube de Roma culminou com a decisão de iniciar-se uma tarefa

bastante ambiciosa — o Projeto sobre o Dilema da Humanidade.

O objetivo do projeto é examinar o complexo de problemas que afligem os povos de todas as nações: pobreza em meio à abundância; deterioração do meio ambiente; perda de confiança nas instituições; expansão urbana descontrolada; insegurança de emprego; alienação da juventude; rejeição de valores tradicionais; inflação e outros transtornos econômicos e monetários. Estes elementos aparentemente divergentes da “problema mundial”, como os denomina o Clube de Roma, têm três características em comum: ocorrem, até certo ponto, em todas as sociedades; contêm elementos técnicos, sociais, econômicos e políticos; e, o que é mais importante, atuam uns sobre os outros.

O dilema da humanidade é que o homem pode perceber a problemática e, no entanto, apesar de seu considerável conhecimento e habilidades, ele não compreende as origens, a significação e as correlações de seus vários componentes e, assim, é incapaz de planejar soluções eficazes. Fracasso que ocorre, em grande parte, porque continuamos a examinar elementos isolados na problemática, sem compreender que o todo é maior do que suas partes; que a mudança em um dos elementos significa mudança nos demais.

A Fase Um do Projeto sobre o Dilema da Humanidade concretizou-se, definitivamente, nos encontros mantidos no verão de 1970 em Berna, Suíça, e em Cambridge, Estado de Massachusetts. Em uma conferência de duas semanas, em Cambridge, o Prof. Jay Forrester, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), apresentou um modelo global que permitiu a identificação nítida de muitos componentes específicos da problemática, e sugeriu uma técnica para analisar o comportamento e as relações dos mais importantes componentes. A apresentação levou ao começo da Fase Um do Projeto no MIT, onde o trabalho pioneiro do Prof. Forrester e de outros, no campo das Dinâmicas de Sistema, já havia criado um grupo de especialistas excepcionalmente adequado às exigências da pesquisa.

O estudo da Fase Um foi dirigido por uma equipe internacional sob a direção do Prof. Dennis Meadows, com o apoio financeiro da Volkswagen Foundation. A equipe examinou os cinco fatores básicos que determi-

nam e, por conseguinte, em última análise limitam o crescimento em nosso planeta — população, produção agrícola, recursos naturais, produção industrial e poluição. A pesquisa já está terminada. Este livro é o primeiro relato dos resultados, e é editado para o público em geral.

Um desafio global

É com autêntico orgulho e prazer que a Associação Potomac associa-se ao Clube de Roma e ao grupo de pesquisas do Massachusetts Institute of Technology na publicação de *Limites do Crescimento*.

Assim como o Clube de Roma, somos uma organização jovem, e acreditamos que os objetivos do Clube são muito semelhantes aos nossos. Nosso propósito é chamar a atenção de todos aqueles que se interessam pela qualidade e direção de nossa vida e ajudam a dirigi-la, para novas idéias, novos métodos de análise e novos modos de abordar persistentes problemas nacionais e internacionais. Por isso, estamos felizes de poder tornar acessível, através de nosso programa de publicações, este trabalho ousado e magnífico.

Esperamos que *Limites do Crescimento* desperte a atenção crítica e suscite debate em todas as sociedades. Esperamos que ele estimule cada leitor a pensar nas conseqüências de uma prolongada equação entre crescimento e progresso. E esperamos que ele leve mulheres e homens sérios, em todos os ramos de atividades, a considerarem a necessidade de uma ação conjunta, agora, se quisermos preservar para nós e para nossos filhos a habitabilidade deste planeta.

William Watts

Presidente da Associação Potomac

INTRODUÇÃO

Não desejo parecer excessivamente dramático mas, pelas informações de que disponho como Secretário-Geral, só posso concluir que os membros das Nações Unidas dispõem talvez de dez anos para controlar suas velhas querelas e organizar uma associação mundial para sustar a corrida armamentista, melhorar o ambiente humano, controlar a explosão demográfica e dar às tentativas de desenvolvimento o impulso necessário. Se tal associação mundial não for formada dentro dos próximos dez anos, então será

grande o meu temor de que os problemas que mencionei já tenham assumido proporções a tal ponto estarrecedoras que estarão além da nossa capacidade de controle.

U THANT, 1969

Os problemas que U Thant menciona: corrida armamentista, deterioração do ambiente, explosão demográfica e estagnação econômica, são citados frequentemente como problemas fundamentais, a longo prazo, do homem moderno. Muitas pessoas acreditam que o curso futuro da sociedade humana, talvez mesmo a sua sobrevivência, depende da urgência e da eficácia das respostas que forem dadas a estas questões. No entanto, só uma pequena fração da população mundial sente-se ativamente responsável pela compreensão destes problemas ou pela busca de soluções.

Perspectivas humanas

Toda pessoa no mundo enfrenta uma série de pressões e de problemas que exigem sua atenção e sua ação. Estes problemas a afetam em diferentes níveis. Ela pode gastar a maior parte de seu tempo tentando garantir para si e sua família o alimento do amanhã. Pode estar interessada no poder pessoal, ou no poder da nação onde vive. Pode preocupar-se com uma guerra mundial no curso de sua vida, ou com uma guerra, na próxima semana, com um grupo rival na sua vizinhança.

Estes níveis bem diferentes de preocupação humana podem ser representados em gráfico, como o da Fig. 1. Ele apresenta duas dimensões: espaço e tempo. Todo interesse humano pode situar-se em algum ponto do gráfico, dependendo do espaço geográfico que ele abrange, e até onde se prolonga no tempo. As preocupações da maioria das pessoas estão concentradas no ângulo inferior esquerdo do gráfico. A vida, para estas pessoas, é muito difícil, e elas têm que dedicar quase todos os seus esforços à sua subsistência diária e à de suas famílias. Outras pessoas pensam em problemas, ou atuam sobre problemas bem distantes dos eixos de

espaço ou de tempo. As pressões que sofrem afetam não só a elas mesmas, mas também a comunidade com a qual se identificam. As medidas que tomam prolongam-se não somente durante dias, mas também semanas e anos futuro adentro.

As perspectivas de tempo e espaço de uma pessoa dependem de sua cultura, de sua experiência passada e do caráter imediato dos problemas que enfrenta em cada nível. A maioria das pessoas precisa resolver com êxito os problemas numa área menor, antes de deslocar suas preocupações para uma área mais ampla. Em geral, quanto mais amplo o espaço e mais longo o tempo dedicado a um problema, tanto menor é o número de pessoas realmente envolvidas na busca de soluções.

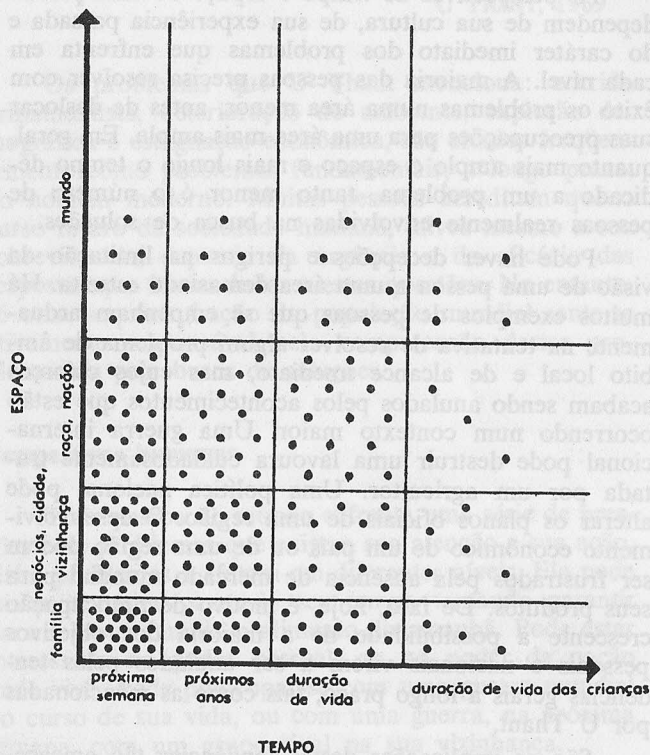
Pode haver decepções e perigos na limitação da visão de uma pessoa a uma área demasiado estreita. Há muitos exemplos de pessoas que se empenham arduamente na tentativa de resolver algum problema de âmbito local e de alcance imediato, mas cujos esforços acabam sendo anulados pelos acontecimentos que estão ocorrendo num contexto maior. Uma guerra internacional pode destruir uma lavoura cuidadosamente tratada por um agricultor. Uma política nacional pode alterar os planos oficiais de uma região. O desenvolvimento econômico de um país ou de uma região podem ser frustrados pela ausência de mercado mundial para seus produtos. De fato, hoje, é motivo de preocupação crescente a possibilidade de a maioria dos objetivos pessoais e nacionais virem a ser anulados pelas tendências gerais a longo prazo, tais como as mencionadas por U Thant.

São as implicações destas tendências tão ameaçadoras a ponto de sua solução exigir prioridade sobre os interesses locais a curto prazo? Será verdade, conforme sugeriu U Thant, que nos resta menos de uma década para começarmos a regular tais tendências?

E se elas não forem controladas, quais serão as conseqüências?

Que métodos possui a humanidade para resolver problemas globais, e quais serão os resultados e os custos do emprego de cada um deles?

Estas são as questões que estivemos investigando na primeira fase do Projeto do Clube de Roma sobre



1. PERSPECTIVAS HUMANAS

Embora as perspectivas dos seres humanos variem no espaço e no tempo, todo interesse humano se localiza em algum ponto no gráfico de espaço-tempo. A maioria da população mundial preocupa-se com questões que afetam somente a família ou os amigos, em períodos curtos de tempo. Outros, olham mais à frente, ou têm visão mais ampla — uma cidade ou nação. Apenas muito poucas pessoas têm uma perspectiva global que se projeta em um futuro distante.

os Dilemas da Humanidade. Nossos interesses situam-se no ângulo superior direito do gráfico espaço-tempo.

Problemas e modelos

Toda pessoa encara seus problemas, onde quer que eles ocorram no gráfico espaço-tempo, com a ajuda de modelos. Um modelo é simplesmente um conjunto ordenado de hipóteses sobre um sistema complexo. É uma tentativa para entender algum aspecto do mundo infinitamente variado selecionando dentre as percepções e experiências passadas, um conjunto de observações gerais aplicáveis ao problema em questão. Um agricultor utiliza um modelo mental de sua terra, suas propriedades, possibilidades de mercado, das condições climáticas do passado, para decidir o que vai plantar cada ano. Um agrimensor constrói um modelo físico — um mapa — para ajudar no planejamento de uma estrada. Um economista utiliza modelos matemáticos para entender e prever o fluxo do comércio internacional. Aqueles a quem cabe tomar as decisões em todos os níveis empregam, inconscientemente, modelos mentais para escolher, entre diversas políticas, as que darão forma ao nosso mundo futuro. Estes modelos mentais são, por necessidade, muito simples, quando comparados com a realidade de onde foram abstraídos. O cérebro humano, apesar de tão extraordinário, pode acompanhar apenas um número limitado das complicadas interações simultâneas que determinam a natureza do mundo real.

Nós também utilizamos um modelo. É um modelo formal, escrito, do mundo*.

Ele constitui uma tentativa preliminar para melhorar nossos modelos mentais de problemas globais, a longo prazo, pela combinação de uma grande quantidade de informação que já existe na mente humana e nos registros escritos, com os novos instrumentos de processamento de informação que o conhecimento crescente da humanidade produziu: o método científico, a análise de sistemas e o computador moderno.

(*) O protótipo sobre o qual baseamos nosso trabalho, foi projetado pelo Prof. JAY W. FORRESTER, do Massachusetts Institute of Technology. Uma descrição deste modelo foi publicada no seu livro *World Dynamics*, Cambridge, Mass., Wright-Allen Press, 1971.

Nosso modelo mundial foi construído especificamente para investigar cinco grandes tendências de interesse global — o ritmo acelerado de industrialização, o rápido crescimento demográfico, a desnutrição generalizada, o esgotamento dos recursos naturais não-renováveis e a deterioração ambiental. Estas tendências se inter-relacionam de muitos modos, e seu desenvolvimento se mede em décadas ou séculos mais do que em meses ou anos. Com este modelo tentamos compreender as causas que motivam estas tendências, suas inter-relações e implicações nos próximos cem anos.

O modelo que construímos é, como todo outro modelo, imperfeito, supersimplificado e inacabado. Temos plena consciência de suas limitações, mas acreditamos que seja o modelo mais útil disponível no momento para lidar com os problemas mais distantes no gráfico espaço-tempo. Pelo que sabemos, é o único modelo que existe, cujo alcance é verdadeiramente global no seu escopo, com um horizonte de tempo maior do que trinta anos, e que inclui variáveis importantes como população, produção de alimentos e poluição, não como entidades independentes, mas como elementos dinâmicos em interação, tal e como o são no mundo real.

Como nosso modelo é formal e matemático, ele possui também duas vantagens importantes sobre os modelos mentais. Primeiro, porque cada hipótese que formulamos está escrita de maneira precisa para ficar aberta a exame e crítica por todos. Segundo, porque depois de verificadas, discutidas e revisadas para se adaptarem a nosso melhor conhecimento atual, suas implicações para o comportamento futuro do sistema mundial podem ser investigadas, sem erro, por computador, não importando quão complicados possam vir a ser.

Parece-nos que as vantagens acima arroladas tornam este modelo único entre todos os do universo matemático e mental de que atualmente dispomos. No entanto, não há motivo para nos satisfazermos com ele na sua forma atual, e tencionamos modificá-lo, expandi-lo e melhorá-lo, à medida que gradualmente melhorarem os nossos conhecimentos e os dados básicos sobre a situação universal.

Apesar do estado preliminar de nosso trabalho, acreditamos que é importante publicarmos agora o mo-

delo e nossas conclusões. Todo dia, em toda parte do mundo, estão sendo tomadas decisões que irão afetar as condições físicas, econômicas e sociais do sistema mundial nas décadas vindouras. Estas decisões não podem esperar por modelos perfeitos e completa compreensão. Elas serão tomadas, de qualquer maneira, de acordo com algum modelo escrito ou mental. Julgamos que o modelo aqui descrito já se encontra suficientemente desenvolvido para ser útil aos responsáveis por decisões. Além disso, as modalidades de comportamento básico já observadas neste modelo afiguram-se tão fundamentais e generalizadas que não esperamos que as nossas conclusões gerais venham a ser substancialmente alteradas por revisões ulteriores.

O objetivo deste livro não é oferecer uma descrição científica completa de todos os dados e equações matemáticas incluídos no modelo mundial. Tal descrição pode ser encontrada no relatório técnico final de nosso projeto. Em *Limítes do Crescimento* sintetizamos, mais precisamente, as características principais do modelo e nossas conclusões, de maneira sucinta e não técnica. Pretendemos dar ênfase, não às equações ou complexidades do modelo, mas ao que ele nos revela sobre o mundo. Empregamos o computador como um instrumento para ajudar a nossa própria compreensão das causas e conseqüências das tendências aceleradoras que caracterizam o mundo moderno, mas não é necessário, de forma alguma, ter familiaridade com os computadores para entender ou examinar nossas conclusões. As implicações destas tendências aceleradoras fazem surgir questões que vão muito além do campo de ação específico de um documento puramente científico. Estas questões devem ser discutidas por uma comunidade mais ampla que por uma formada apenas de cientistas. Nossa finalidade aqui é abrir este debate.

As conclusões que se seguem emergiram do trabalho que empreendemos até agora. Não somos, de forma alguma, o primeiro grupo a formulá-las. Nestes últimos decênios, pessoas que olharam para o mundo com uma perspectiva global e a longo prazo, chegaram a conclusões semelhantes. Não obstante, a grande maioria das pessoas encarregadas dos planos de ação parece estar buscando objetivos que são incompatíveis com estes resultados.

São estas as nossas conclusões:

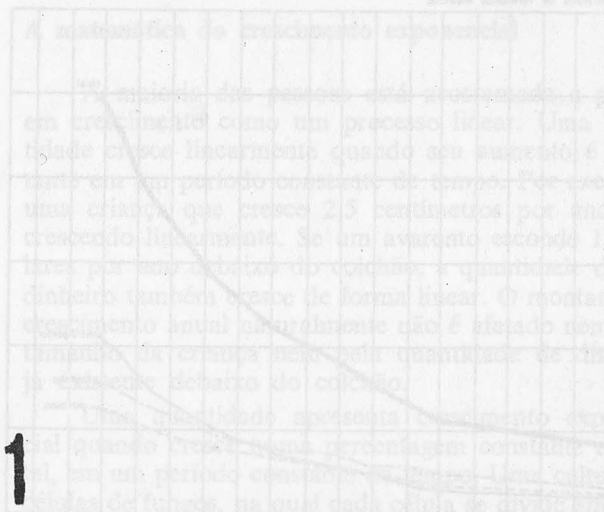
1. Se as atuais tendências de crescimento da população mundial — industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais — continuarem imutáveis, os limites de crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial.

2. É possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as necessidades materiais básicas de cada pessoa na terra sejam satisfeitas, e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual.

3. Se a população do mundo decidir empenhar-se em obter este segundo resultado, em vez de lutar pelo primeiro, quanto mais cedo ela começar a trabalhar para alcançá-lo, maiores serão suas possibilidades de êxito.

Estas conclusões são de tal alcance e levantam tantas questões para estudos ulteriores que, francamente, nos sentimos esmagados pela enormidade do trabalho que precisa ser feito. Esperamos que este livro sirva para interessar outras pessoas em diversos campos de estudo, e em muitos países do mundo para que se ampliem os horizontes de espaço e de tempo de seus interesses; e para que elas se juntem a nós na compreensão e na preparação para uma época de grande transição — a transição entre o crescimento e o equilíbrio global.

Todas as cinco tendências básicas para o estado apresentado aqui — população, produção de alimentos, industrialização, poluição e consumo de recursos naturais não-renováveis — estão aumentando. O momento de seu crescimento atual segue um padrão que os matemáticos chamam de crescimento exponencial. Quase todas as atividades correntes da humanidade, desde o emprego de fertilizantes até a expansão das cidades, podem ser representadas por curvas de crescimento exponencial (v. Figs. 2 e 3). Uma vez que grande parte deste livro trata das causas e implicações das curvas de crescimento exponencial, é importante iniciarmos com algumas noções sobre as suas características gerais.



A NATUREZA DO CRESCIMENTO EXPONENCIAL

Atualmente achamos que ter cinco filhos não é demais; e cada filho também produz cinco filhos, e antes da morte do avô já serão 25 os descendentes. Logo, a população aumenta e a riqueza diminui; o povo trabalha com afinco e recebe pouco.

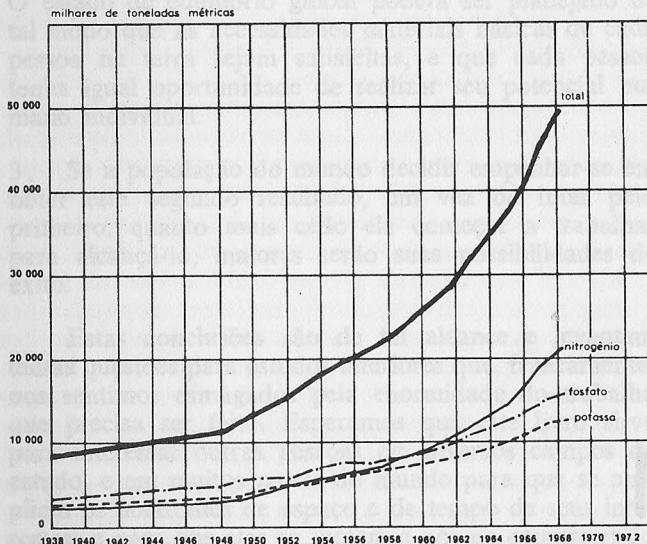
HAN FEI-TZU, c. 500 a.C.

Todos os cinco elementos básicos para o estudo apresentado aqui — população, produção de alimentos, industrialização, poluição e consumo de riquezas naturais não-renováveis — estão aumentando. O montante do seu crescimento anual segue um padrão que os matemáticos chamam de crescimento exponencial. Quase todas as atividades correntes da humanidade, desde o emprego de fertilizantes até a expansão das cidades, podem ser representadas por curvas de crescimento exponencial (v. Figs. 2 e 3). Uma vez que grande parte deste livro trata das causas e implicações das curvas de crescimento exponencial, é importante iniciarmos com algumas noções sobre as suas características gerais.

A matemática do crescimento exponencial

A maioria das pessoas está acostumada a pensar em crescimento como um processo linear. Uma quantidade cresce linearmente quando seu aumento é constante em um período constante de tempo. Por exemplo, uma criança que cresce 2,5 centímetros por ano está crescendo linearmente. Se um avaro esconde 10 dólares por ano debaixo do colchão, a quantidade de seu dinheiro também cresce de forma linear. O montante do crescimento anual naturalmente não é afetado nem pelo tamanho da criança nem pela quantidade de dinheiro já existente debaixo do colchão.

Uma quantidade apresenta crescimento exponencial quando cresce numa percentagem constante do total, em um período constante de tempo. Uma cultura de células de fungos, na qual cada célula se divide em duas cada 10 minutos, está crescendo exponencialmente. Para cada uma das células, haverá duas células depois de 10 minutos, isto é, um aumento de 100%. Depois de outros 10 minutos, haverá quatro células, depois oito, depois dezesseis. Se um avaro retira 100 dólares que estavam debaixo de seu colchão e os investe à taxa de 7% (de tal forma que o valor total cresça à razão de 7% ao ano), o dinheiro investido crescerá mais rapidamente do que o dinheiro debaixo do colchão, o qual cresce linearmente (v. Fig. 4). O montante acrescentado cada ano a uma conta bancária, ou cada 10 minutos adicionados a uma cultura de fungos, não é constante. Ele



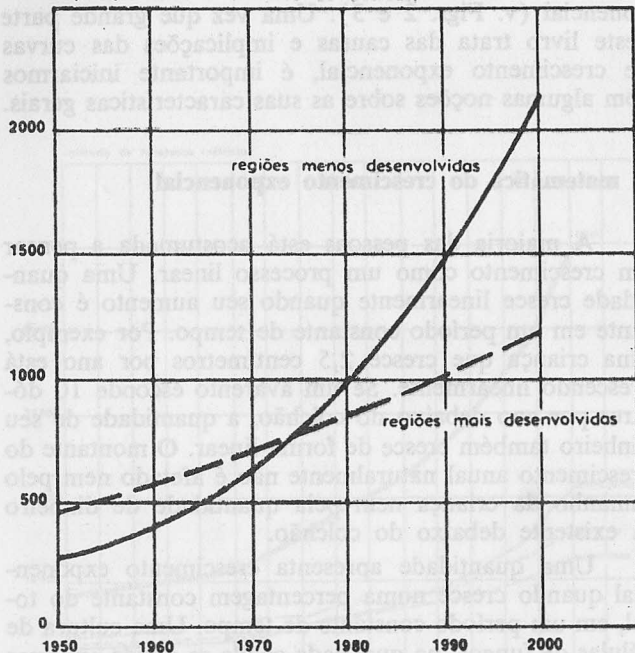
2. CONSUMO MUNDIAL DE FERTILIZANTES

O consumo mundial de fertilizantes cresce exponencialmente com um tempo de duplicação de cerca de 10 anos. O uso total é agora cinco vezes maior do que era durante a Segunda Guerra Mundial.

NOTA: As cifras não incluem nem a União Soviética nem a China.

FONTE: UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1955*, *Statistical Yearbook 1960* e *Statistical Yearbook 1970*. New York, United Nations, 1956, 1961, 1971.

População urbana (milhões de pessoas)



3. POPULAÇÃO URBANA MUNDIAL

Espera-se que a população urbana total aumente exponencialmente nas regiões menos desenvolvidas do mundo, mas quase linearmente nas restantes regiões mais desenvolvidas. Para as regiões urbanas, em regiões menos desenvolvidas, o tempo médio de duplicação é, atualmente, de 15 anos.

FONTE: UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *The World Population Situation in 1970*. New York, United Nations, 1971.

aumenta continuamente à medida que aumenta o montante acumulado. Tal crescimento exponencial é um processo comum nos sistemas biológicos e financeiro, e em muitos outros sistemas existentes no mundo.

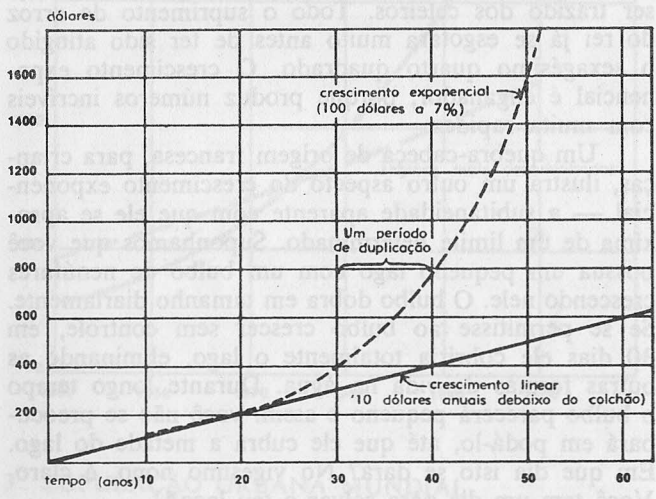
Embora comumente observado, o crescimento exponencial pode produzir resultados surpreendentes — resultados que fascinaram a humanidade durante séculos. Diz uma velha lenda persa que um inteligente cortesão fez presente ao rei de um tabuleiro de xadrez e pediu ao monarca que, em retribuição, lhe desse um grão de arroz para o primeiro quadrado do tabuleiro, dois para o segundo, quatro para o terceiro, e assim por diante. Concordou prontamente o rei, e ordenou que trouxessem arroz dos seus celeiros. O quarto quadrado do tabuleiro exigiu oito grãos, o décimo 512, o décimo quinto 16 384, e o vigésimo primeiro deu ao cortesão mais de um milhão de grãos de arroz. Lá pelo quadragésimo quadrado, um trilhão de grãos teve que ser trazido dos celeiros. Todo o suprimento de arroz do rei já se esgotara muito antes de ter sido atingido o sexagésimo quarto quadrado. O crescimento exponencial é enganador, porque produz números incríveis com muita rapidez.

Um quebra-cabeça de origem francesa, para crianças, ilustra um outro aspecto do crescimento exponencial — a subitaneidade aparente com que ele se aproxima de um limite determinado. Suponhamos que você possua um pequeno lago com um bulbo de nenúfares crescendo nele. O bulbo dobra em tamanho diariamente. Se se permitisse ao bulbo crescer sem controle, em 30 dias ele cobriria totalmente o lago, eliminando as outras formas de vida na água. Durante longo tempo o bulbo parecerá pequeno e assim você não se preocupará em podá-lo, até que ele cubra a metade do lago. Em que dia isto se dará? No vigésimo nono, é claro. Você tem um dia para salvar o teu lago*.

É útil pensarmos em crescimento exponencial em termos de tempo de duplicação, ou o tempo que leva uma quantidade em crescimento para dobrar em tamanho. No caso do bulbo de nenúfares acima descrito, o tempo de duplicação é de um dia. Uma soma de dinheiro depositada em um banco a juros de 7%, dupli-

(*) Agradecemos ao Sr. Robert Lattes por ter-nos contado este quebra-cabeça.

... aumento contínuo à medida que aumenta o montante acumulado. Tal crescimento exponencial é um processo comum nos sistemas biológicos e financeiros e em muitos outros sistemas existentes no mundo. Embora comumente observado, o crescimento exponencial pode produzir resultados surpreendentes — resultados que fascinarão a humanidade durante séculos. Dê uma volta lenta para que um inteligente leitor seja presente ao rei de um tabuleiro de xadrez e peça-lhe que dê um grão de arroz para o primeiro quadrado do tabuleiro, dois para o segundo, quatro para o terceiro, e assim por diante. Concorde prontamente o rei e ordene que ponhamos arroz nos seus campos. O quarto passo do jogador existe oito grãos, o décimo 212, o vigésimo quinto 784 e o vigésimo primeiro das ao leitor mais de um milhão de grãos de arroz. É pelo quadrado número dez que um milhão de grãos de arroz que se acumulam para o primeiro quadrado do tabuleiro.



4. O CRESCIMENTO DAS RESERVAS ECONÓMICAS

Se um avaro guarda, anualmente, 10 dólares abaixo do colchão, suas economias crescerão linearmente, como mostra a curva inferior. Se depois de 10 anos ele investir 100 dólares a uma taxa de 7% de juros, estes 100 dólares crescerão exponencialmente, duplicando-se em 10 anos.

cará em 10 anos. Há uma relação matemática simples entre a taxa de juros, ou o índice de crescimento, e o tempo que leva uma quantidade para duplicar em tamanho. O tempo de duplicação é aproximadamente igual a 70 dividido pelo índice de crescimento, como é ilustrado na Tab. 1.

TAB. 1 PERÍODO DE DUPLICAÇÃO

Taxa de crescimento (% anual)	Tempo de duplicação (anos)
0,1	700
0,5	140
1,0	70
2,0	35
4,0	18
5,0	14
7,0	10
10,0	7

Modelos e crescimento exponencial

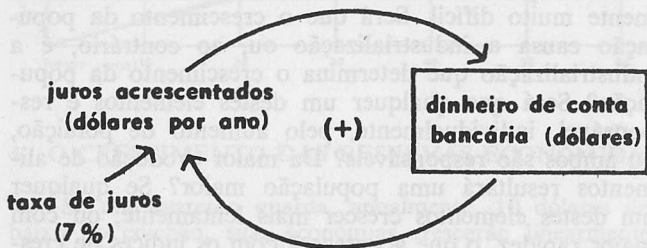
O crescimento exponencial é um fenómeno dinâmico, isto é, envolve elementos que mudam durante um período de tempo. Em sistemas simples, como a conta bancária ou o lago de nenúfares, a causa do crescimento exponencial e seu desenvolvimento é fácil de entender-se. Contudo, quando muitas quantidades diferentes estão crescendo simultaneamente em um sistema, e quando todas elas se correlacionam de maneira complicada, a análise das causas do crescimento e do comportamento futuro do sistema torna-se realmente muito difícil. Será que o crescimento da população causa a industrialização ou, ao contrário, é a industrialização que determina o crescimento da população? Será que qualquer um destes elementos é responsável, individualmente, pelo aumento de poluição, ou ambos são responsáveis? Da maior produção de alimentos resultará uma população maior? Se qualquer um destes elementos crescer mais lentamente, ou com maior rapidez, o que acontecerá com os índices de crescimento de todos os demais? Estas mesmas questões estão sendo discutidas, hoje em dia, em muitas partes do mundo. As respostas podem ser encontradas por

meio de uma melhor compreensão de todo o complexo sistema que une todos estes elementos importantes.

No decorrer dos últimos 30 anos, desenvolveu-se no Massachusetts Institute of Technology um novo método para a compreensão do comportamento dinâmico de sistemas complexos. O método é chamado *System Dynamics**. A base deste método é o conhecimento de que a *estrutura* de qualquer sistema — as numerosas relações circulares, interligadas, e algumas vezes retardadas, entre seus componentes — é muitas vezes tão importante na determinação de seu comportamento, quanto os próprios componentes em separado. O modelo do mundo descrito neste livro é um modelo de Dinâmica de Sistemas.

A teoria de modelação dinâmica indica que qualquer quantidade, crescendo exponencialmente, está comprometida, de certo modo, com um *ciclo positivo de realimentação*. Um ciclo positivo de realimentação é algumas vezes denominado um “círculo vicioso”. Um exemplo disso é a conhecida espiral de salário-preço: os salários aumentam, causando um aumento de preços, que levam a exigências de salários mais altos, e assim por diante. Em um ciclo positivo de realimentação, uma série de relações de causa e efeito se fecha em si mesma de forma que qualquer elemento, crescendo no ciclo iniciará uma seqüência de mudanças que resultarão num acréscimo ainda maior do elemento originalmente aumentado.

O ciclo positivo de realimentação responsável pelo crescimento exponencial de dinheiro numa conta bancária, pode ser representado da seguinte forma:



(*) Uma descrição detalhada do método de Dinâmica de Sistemas é apresentada em *Industrial Dynamics*, (Cambridge, Mass., MIT Press, 1961) e em *Principles of Systems*, (Cambridge, Mass., Wright-Allen Press, 1968), ambos de J. W. FORRESTER.

Suponhamos que 100 dólares são depositados na conta bancária. Os juros do primeiro ano são 7% sobre 100 dólares, ou seja, 7 dólares que são somados à conta, perfazendo um total de 107 dólares. Os juros do ano seguinte são 7% sobre 107 dólares, ou 7,49 que perfazem um total de 114,49 dólares. Quanto mais dinheiro houver na conta, mais será acrescentado, cada ano, em juros. E quanto mais for acrescentado, mais haverá na conta no ano seguinte, fazendo com que mais ainda seja adicionado em juros. E assim por diante. À medida que percorremos o ciclo, o dinheiro acumulado na conta bancária cresce exponencialmente. A taxa constante de juros (a 7%) determina o lucro no percurso do ciclo, isto é, a taxa à qual cresce a conta bancária.

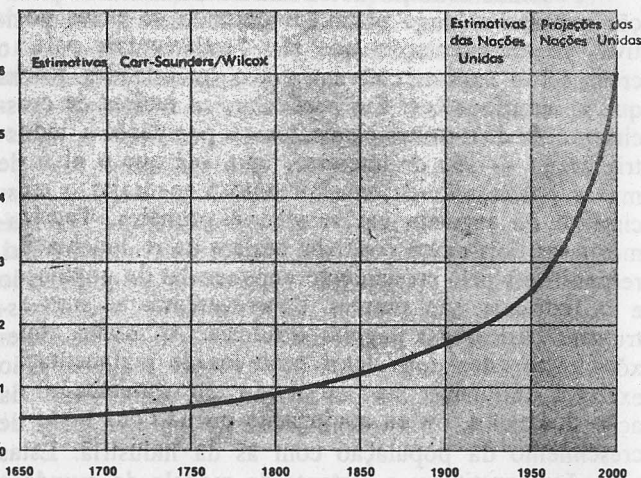
Podemos começar nossa análise dinâmica da situação mundial a longo prazo, procurando os ciclos positivos de realimentação que são fundamentais para o crescimento exponencial nas cinco quantidades físicas que já mencionamos. Em particular, os índices de crescimento de dois destes elementos — população e industrialização — são de interesse, uma vez que o alvo de muitas políticas de desenvolvimento é encorajar o crescimento da segunda em relação à primeira. Teoricamente, os dois ciclos positivos básicos de realimentação, responsáveis pelo crescimento exponencial da população e da indústria, são simples. Descreveremos as suas estruturas básicas nas páginas seguintes. As muitas conexões entre estes dois ciclos positivos de realimentação exercem influência na ampliação ou diminuição da ação dos ciclos, ou na conjugação ou não das taxas de crescimento da população com as da indústria. Estas conexões constituem o restante do modelo do mundo e sua descrição ocupará a maior parte do que ainda falta para ser abordado neste livro.

Crescimento da população mundial

A curva de crescimento exponencial da população mundial é mostrada na Fig. 5. Em 1650 a população era de cerca de 0,5 bilhão*, e estava crescendo a uma

(*) A palavra “bilhão” neste livro será empregada para significar 1000 milhões, isto é, o “milliard” europeu.

população mundial (bilhões de pessoas)



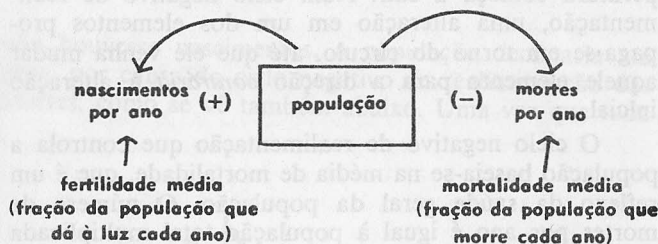
5. POPULAÇÃO MUNDIAL

Desde 1650 a população mundial está crescendo exponencialmente a uma taxa que vai aumentando. A população calculada em 1970 já é ligeiramente superior à projeção aqui ilustrada (feita em 1958). A taxa atual de crescimento da população mundial é de cerca de 21%, correspondendo a um tempo de duplicação de 33 anos.

FONTE: J. BOGUE, Donald. *Principles of Demography*. New York, John Wiley and Sons, 1969.

ponde a um período de duplicação de quase 250 anos. Em 1970 a população totalizava 3,6 bilhões e a taxa de crescimento era de 2,1% ao ano². O período de duplicação correspondente a esta taxa de crescimento é de 33 anos. Assim, não só a população vem crescendo exponencialmente, mas a taxa de crescimento também vem aumentando. Poderíamos dizer que o crescimento da população tem sido "super" exponencial; a curva da população está subindo mais rapidamente do que o faria se o crescimento fosse estritamente exponencial.

A estrutura do ciclo de realimentação que representa o comportamento dinâmico do crescimento de população é mostrado abaixo:



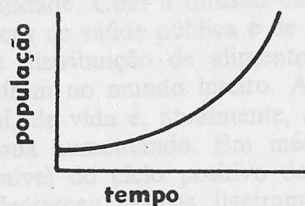
A esquerda está o ciclo positivo de realimentação, responsável pelo crescimento exponencial observado. Em uma população com fertilidade média constante, quanto maior a população, mais crianças nascerão cada ano. Quanto mais crianças, tanto maior a população no ano seguinte. Depois de uma pausa, para permitir que estas crianças cresçam e se tornem pais, ainda mais crianças nascerão, aumentando a população ainda mais. Um crescimento constante continuará enquanto a fertilidade permanecer constante. Se, por exemplo, além de filhos homens, cada mulher tiver em média duas filhas mulheres, e cada uma delas crescer e tiver outras duas filhas, a população dobrará em cada geração. A taxa de crescimento dependerá tanto da fertilidade média, quanto da duração da pausa entre as gerações. É claro que a fertilidade não é necessariamente constante, e no

Cap. III discutiremos alguns dos fatores que a fazem variar.

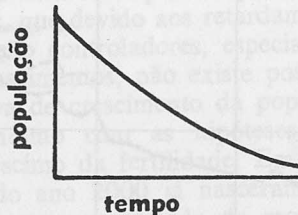
Há um outro ciclo de realimentação que governa o crescimento da população, e que é visto à direita do diagrama acima. Trata-se de um *ciclo negativo de realimentação*. Enquanto os ciclos positivos de realimentação causam um crescimento desenfreado, os ciclos negativos de realimentação tendem a regular o crescimento e a manter um sistema em uma condição de certo modo estável. Seu comportamento é muito parecido com o de um termostato que controla a temperatura de uma sala. Se a temperatura cai, o termostato ativa o sistema de aquecimento o qual faz a temperatura subir novamente. Quando a temperatura atinge o seu limite, o termostato desliga o sistema de aquecimento e a temperatura começa a cair. Num ciclo negativo de realimentação, uma alteração em um dos elementos propaga-se em torno do círculo, até que ele venha mudar aquele elemento para a direção *contrária* à alteração inicial.

O ciclo negativo de realimentação que controla a população baseia-se na média de mortalidade, que é um reflexo da saúde geral da população. O número de mortes por ano é igual à população total multiplicada pela média da mortalidade (a qual a gente pode considerar como sendo a probabilidade média de mortes em qualquer idade). O aumento de uma população com média constante de mortalidade resultará em maior número de mortes por ano. Um aumento no número de mortes diminuirá a população, e assim haverá menor número de mortes no ano seguinte. Se, em média, 5% da população morrem anualmente, haverá por ano 500 mortes numa população de 10 000 habitantes. Admitindo-se, por enquanto, que não haja nascimentos, restariam 9 500 pessoas no ano seguinte. Se a probabilidade de morte for ainda de 5%, haverá somente 475 mortes nesta população diminuída, restando 9 025 pessoas. No ano seguinte haverá somente 452 mortes. Mais uma vez, ocorre um retardamento neste ciclo de realimentação, porque a taxa de mortalidade é uma função da idade média da população. Além disso, é claro que a mortalidade, mesmo numa determinada idade, não é necessariamente constante.

Se não houvesse mortes numa população, ela crescería exponencialmente em virtude do ciclo positivo de realimentação dos nascimentos, como se vê abaixo. Se

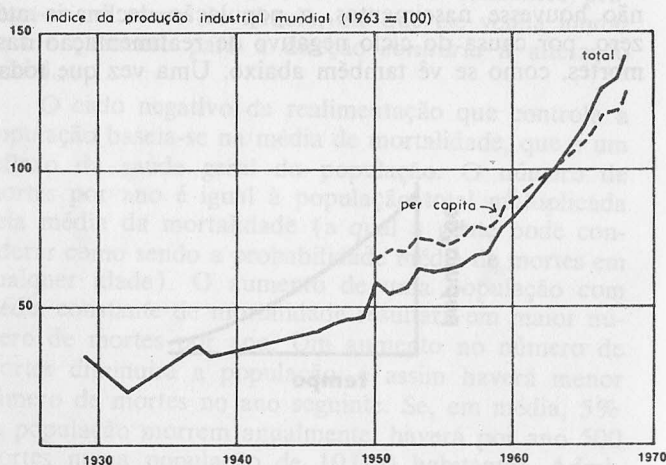


não houvesse nascimentos, a população declinaria até zero, por causa do ciclo negativo de realimentação das mortes, como se vê também abaixo. Uma vez que toda



população verdadeira está sujeita, tanto a nascimentos como a mortes, bem como a uma fertilidade e uma mortalidade variáveis, o comportamento dinâmico de populações controladas por estes dois ciclos de realimentação engrenados entre si pode tornar-se bem complicado.

Qual a causa do recente aumento superexponencial da população mundial? Antes da Revolução Industrial, a fertilidade e a mortalidade eram, comparativamente, altas e irregulares. A taxa de natalidade em geral superava, apenas levemente, a taxa de mortalidade, e



6. PRODUÇÃO INDUSTRIAL MUNDIAL

A produção industrial mundial, relativa ao ano base 1963, também mostra um evidente aumento exponencial, apesar de pequenas flutuações. A taxa de crescimento da produção total em 1963-68 é de 7% ao ano. A taxa de crescimento *per capita* é de 5% ao ano.

FONTE: UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1956* e *Statistical Yearbook 1969*. New York, United Nations, 1957 e 1970.

a população cresce exponencialmente, mas a uma taxa baixa e irregular. Em 1650, a média de duração da vida da maioria das populações no mundo era apenas de cerca de 30 anos. Desde então, a humanidade desenvolveu muitas técnicas que afetaram profundamente o sistema de crescimento da população, especialmente as taxas de mortalidade. Com a difusão da medicina moderna, de técnicas de saúde pública e de novos métodos de produção e distribuição de alimentos, as taxas de mortalidade caíram no mundo inteiro. A probabilidade média, mundial, de vida é, atualmente, de cerca de 53 anos³, e continua aumentando. Em média mundial, o acréscimo ao nível do ciclo positivo de realimentação (fertilidade) decresceu apenas ligeiramente, enquanto que o acréscimo ao nível do ciclo negativo de realimentação (mortalidade) continua decrescendo. O resultado é a crescente predominância do ciclo positivo de realimentação determinando o visível crescimento exponencial da população, mostrado na Fig. 5.

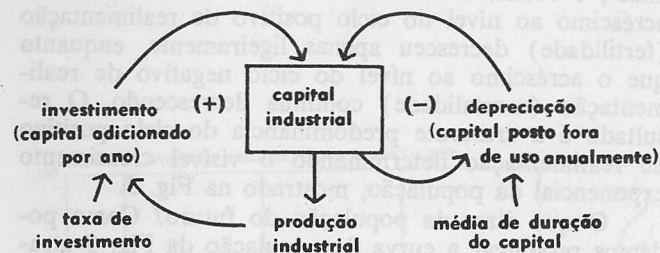
O que dizer da população do futuro? Como podemos prolongar a curva de população da Fig. 5 através do século XXI? Teremos mais a dizer sobre isto nos Caps. 3 e 4. Por enquanto, podemos inferir, sem medo de errar, que devido aos retardamentos nos ciclos de realimentação controladores, especialmente no ciclo positivo de nascimentos, não existe possibilidade de se nivelar a curva de crescimento da população antes do ano 2000, mesmo com as hipóteses mais otimistas sobre o decréscimo da fertilidade. Em sua maioria, os futuros pais do ano 2000 já nasceram. A menos que haja um aumento pronunciado da mortalidade, o que a humanidade, sem dúvida, tentará impedir por todos os modos, podemos esperar uma população mundial de cerca de 7 bilhões de habitantes dentro de 30 anos. E, se continuarmos a ter êxito na redução da mortalidade, sem melhores sucessos na redução da fertilidade, que os obtidos no passado, em 60 anos haverá 4 pessoas no mundo para cada pessoa que vive hoje.

Crescimento econômico mundial

Uma segunda quantidade que vem crescendo no mundo, até mais depressa do que a população humana, é a produção industrial. A Fig. 6 mostra a expansão

da produção industrial mundial desde 1930, tendo como base de referência a produção de 1963. A taxa média de crescimento de 1963 a 1968 foi de 7% ao ano, ou de 5% ao ano na base de produção *per capita*.

Qual é o ciclo positivo de realimentação responsável pelo crescimento exponencial da produção industrial? A estrutura dinâmica diagramada abaixo é, realmente, muito semelhante àquela outra que já descrevemos para o sistema de população.



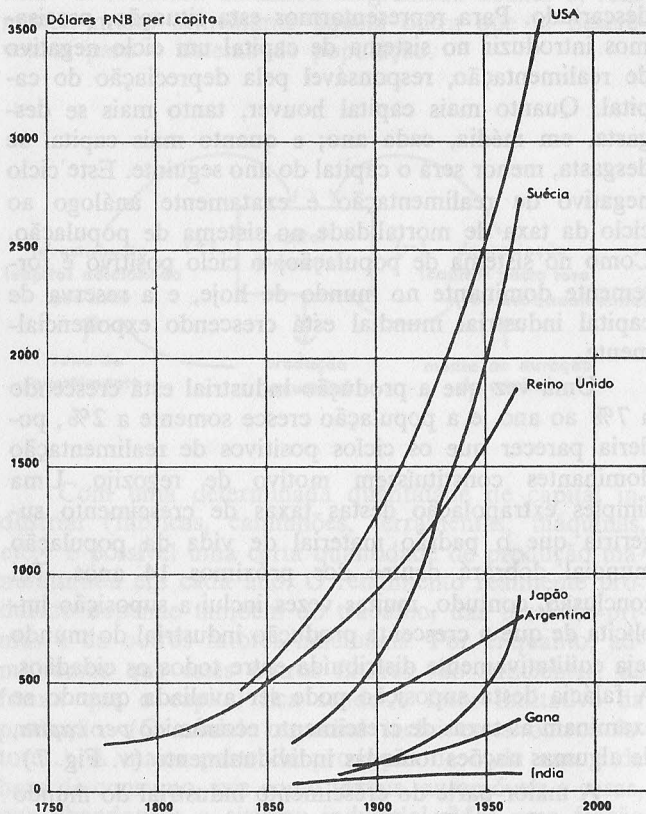
Com uma determinada quantidade de capital industrial (fábricas, caminhões, ferramentas, máquinas, etc.) é possível uma certa quantidade de produção manufaturada em cada ano. O rendimento realmente produzido depende também do trabalho, das matérias-primas e de outros fatores adicionais. Por enquanto, admitiremos que estes outros fatores são suficientes, de forma que o capital fica sendo o fator limitativo da produção. (O modelo mundial inclui estes outros fatores.) A maior parte da produção de cada ano é de bens de consumo, tais como têxteis, automóveis e casas, que abandonam o sistema industrial. Mas uma fração da produção é capital adicional — teares, usinas siderúrgicas e tornos pesados — que é um investimento para fazer crescer o estoque de capital. Temos aqui outro ciclo positivo de realimentação. Mais capital cria mais produção; uma fração constante da produção torna-se investimento; e mais investimento significa mais capital. A nova e maior reserva de capital gera ainda mais produção e assim por diante. Há também retardamento

neste ciclo de realimentação, já que a produção de uma parte importante do capital industrial, por exemplo uma central elétrica ou uma refinaria, pode levar vários anos.

A reserva de capital não é permanente. À medida que o capital se desgasta ou se torna obsoleto, ele é descartado. Para representarmos esta situação, precisamos introduzir no sistema de capital um ciclo negativo de realimentação, responsável pela depreciação do capital. Quanto mais capital houver, tanto mais se desgasta, em média, cada ano; e quanto mais capital se desgasta, menor será o capital do ano seguinte. Este ciclo negativo de realimentação é exatamente análogo ao ciclo da taxa de mortalidade no sistema de população. Como no sistema de população, o ciclo positivo é fortemente dominante no mundo de hoje, e a reserva de capital industrial mundial está crescendo exponencialmente.

Uma vez que a produção industrial está crescendo a 7% ao ano, e a população cresce somente a 2%, poderia parecer que os ciclos positivos de realimentação dominantes constituíssem motivo de regozijo. Uma simples extrapolação destas taxas de crescimento sugeriria que o padrão material de vida da população mundial dobrará dentro dos próximos 14 anos. Tal conclusão, contudo, muitas vezes inclui a suposição implícita de que a crescente produção industrial do mundo seja equitativamente distribuída entre todos os cidadãos. A falácia desta suposição pode ser avaliada quando se examinam as taxas de crescimento econômico *per capita*, de algumas nações tomadas individualmente (v. Fig. 7).

A maior parte do crescimento industrial do mundo representado na Fig. 6, está realmente ocorrendo nos países já industrializados, onde a taxa de crescimento da população é comparativamente baixa. A ilustração mais reveladora possível deste fato é uma simples tabela indicando as taxas de crescimento econômico e populacional das dez nações mais populosas do mundo, onde atualmente vivem 64% do população mundial. A Tab. 2 torna muito clara a base do ditado, “O rico torna-se mais rico e o pobre ganha filhos”.



7. TAXAS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO

O crescimento econômico de nações individuais indica que as diferenças entre as taxas de crescimento exponencial estão aumentando a distância econômica entre os países ricos e os pobres.

FONTE: KUZNETS, Simon. *Economic Growth of Nations*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971.

É improvável que as taxas de crescimento relacionadas na Tab. 2 continuem imutáveis, mesmo até o final deste século. Muitos fatores mudarão nos próximos 30 anos. O fim dos distúrbios civis na Nigéria, por exemplo, provavelmente aumentará as taxas de crescimento econômico naquele país, ao passo que o desencadear das desordens civis seguidas da guerra do Paquistão já interferiu no seu crescimento econômico. Reconheçamos, contudo, que as taxas de crescimento apresentadas acima são os produtos de um complicado sistema econômico e social que é essencialmente estável e onde as mudanças tendem a ocorrer lentamente, exceto em casos de intensos distúrbios sociais.

É uma simples questão de aritmética, calcular os valores extrapolados para o produto nacional bruto (PNB), *per capita*, desde agora até o ano 2000, na suposição de que as taxas de crescimento relativo de população e PNB permanecerão aproximadamente as mesmas nestes dez países. O resultado de tal cálculo

TAB. 2 TAXAS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO E POPULACIONAL

País	População (1968) (milhões)	Taxa média anual de crescimento de população (1961-68) (% anual)	PNB per capita (1968) (dólares)	Taxa média anual de crescimento de PNB (1961-68) (% anual)
República Popular da China*	730	1,5	90	0,3
Índia	524	2,5	100	1,0
URSS*	238	1,3	1100	5,8
Estados Unidos	201	1,4	3980	3,4
Paquistão	123	2,6	100	3,1
Indonésia	113	2,4	100	0,8
Japão	101	1,0	1190	9,9
Brasil	88	3,0	250	1,6
Nigéria	63	2,0	10	— 0,3
República Federal Alemã	60	1,0	1970	3,4

(*) O Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento faz ressalvas sobre suas estimativas para a China e a URSS dizendo: "As estimativas de PNB *per capita* e sua taxa de crescimento têm uma ampla margem de erro devido principalmente aos problemas advindos da derivação do PNB, ao custo de fator, do produto material líquido, e à conversão do PNB estimado em dólares". As estimativas das Nações Unidas concordam, em geral, com as do IBRD.

FONTE: *World Bank Atlas*. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970.

aparece na Tab. 3. Os valores ali indicados têm pouca possibilidade de vir a representar a realidade. Eles não são predições. Simplesmente indicam a direção geral em que o nosso sistema, tal como é estruturado atualmente, está nos levando. *Eles demonstram que o processo de crescimento econômico, como ocorre hoje, está alargando inexoravelmente a distância absoluta entre as nações ricas e as nações pobres do mundo.*

A maioria das pessoas, intuitiva e corretamente, rejeita extrapolações como as da Fig. 3, porque os resultados parecem ridículos. Todavia, é necessário reconhecer que, ao se rejeitarem valores extrapolados, rejeita-se, igualmente, a suposição de que *não haverá mudanças* no sistema. Se as extrapolações na Tab. 3 realmente não ocorrem, será porque foi alterado o equilíbrio entre os ciclos positivos e negativos de realimentação que determinam as taxas de crescimento de população e de capital em cada nação. Fertilidade, mortalidade, a taxa de investimento de capital, a taxa de depreciação de capital, qualquer um (ou todos eles) pode sofrer alteração. Ao postularmos qualquer resultado diferente do indicado na Tab. 3, devemos especificar qual destes fatores tem probabilidade de mudar, em quanto, e quando. Estas são exatamente as questões que estamos apontando com o nosso modelo, não em uma base nacional, mas em base global e agregada.

TAB. 3 PNB EXTRAPOLADO PARA O ANO 2000

País	PNB per capita (em dólares*)
República Popular da China	100
Índia	140
URSS	6330
Estados Unidos	11000
Paquistão	250
Indonésia	130
Japão	23200
Brasil	440
Nigéria	60
República Federal Alemã	5850

(*) Baseado no dólar de 1968, sem levar em conta a inflação.

Para tirarmos conclusões que se aproximem da realidade, sobre as futuras taxas de crescimento da população e do capital industrial, precisaremos saber algo mais sobre os outros fatores, no mundo, que atuam um sobre o outro no sistema população-capital. Para começar, faremos uma série de perguntas básicas.

Podem as taxas de crescimento de população e de capital, apresentadas na Tab. 3, ser fisicamente mantidas no mundo? Quantos habitantes podem subsistir nesta terra, em que nível de riqueza, e por quanto tempo? Para responder a estas perguntas precisamos olhar detalhadamente para aqueles sistemas que, no mundo, proporcionam o suporte físico para o crescimento da economia e da população.

2

OS LIMITES DO CRESCIMENTO EXPONENCIAL

Quem, dentre vós, desejando construir uma torre, não se senta, primeiro, para calcular os custos, a fim de ver se tem meios suficientes para levá-la a cabo?

LUCAS 14:28

O que será necessário para manter o crescimento da economia e da população do mundo até o ano 2000, e talvez mesmo além desta data? A lista dos compo-

nentes necessários é longa, mas pode ser dividida, de maneira geral, em duas categorias principais.

A primeira categoria inclui as necessidades *físicas*, que mantêm toda atividade fisiológica e industrial — alimentos, matérias-primas, combustíveis fósseis e nucleares, e os sistemas ecológicos do planeta, que absorvem refugos e reciclam importantes substâncias químicas básicas. Estes componentes são, teoricamente, elementos computáveis, tais como terra cultivável, água doce, metais, florestas e oceanos. Neste capítulo avaliaremos as reservas mundiais dos recursos físicos, uma vez que eles são as determinantes máximas dos limites do crescimento na terra.

A segunda categoria dos componentes necessários ao crescimento consiste nas necessidades *sociais*. Mesmo que os sistemas físicos da terra sejam capazes de sustentar uma população muito maior e mais desenvolvida economicamente, o crescimento real da economia e da população dependerão de fatores como paz e estabilidade social, instrução e emprego, e de um constante progresso tecnológico, fatores que são muito mais difíceis de avaliar ou predizer. Nem este livro nem nosso modelo mundial, nesta fase de seu desenvolvimento, podem lidar explicitamente com estes fatores sociais, a não ser na medida em que nossas informações sobre a quantidade e distribuição dos suprimentos físicos possam indicar problemas sociais passíveis de ocorrer no futuro.

Alimentos, reservas naturais e um meio ambiente sadio são condições necessárias, mas não suficientes, para o crescimento. Mesmo que sejam abundantes, o crescimento pode ser interrompido por problemas sociais. Contudo, suponhamos, por enquanto, que prevalecerão as melhores condições sociais possíveis. Qual o crescimento que o sistema físico poderá, então, suportar? A resposta que obtivermos nos dará alguma idéia sobre os limites superiores do crescimento de capital e de população, mas não nos dará garantia de que o crescimento, de fato, irá tão longe.

Alimentos

Em Zâmbia, na África, em cada mil crianças, 260 morrem antes de completar o primeiro ano de vida. Na Índia e no Paquistão, a proporção é de 140 para mil; na

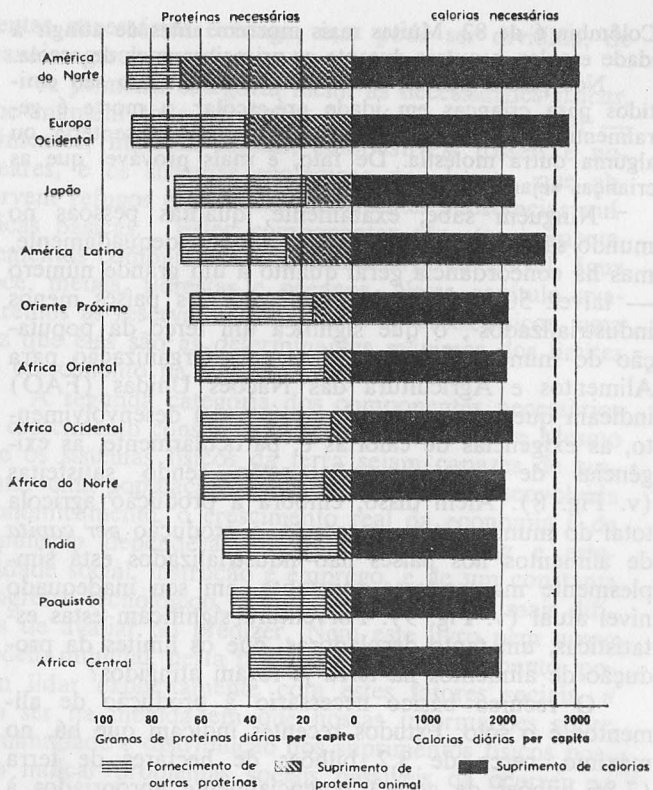
Colômbia é de 82. Muitas mais morrem antes de atingir a idade escolar, e outras durante os primeiros anos de escola.

Nos países pobres, onde atestados de óbito são emitidos para crianças em idade pré-escolar, a morte é geralmente atribuída a sarampo, pneumonia, disenteria ou alguma outra moléstia. De fato, é mais provável que as crianças sejam vítimas de desnutrição⁴.

Ninguém sabe, exatamente, quantas pessoas no mundo são, hoje em dia, alimentadas inadequadamente, mas há concordância geral quanto a um grande número — talvez 50 a 60% da população dos países menos industrializados⁵, o que significa um terço da população do mundo. Cálculos feitos pela Organização para Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO) indicam que, na maioria dos países em desenvolvimento, as exigências de calorias e, particularmente, as exigências de proteínas não estão sendo satisfeitas (v. Fig. 8). Além disso, embora a produção agrícola total do mundo esteja crescendo, a produção *per capita* de alimentos nos países não-industrializados está simplesmente mantendo-se constante, em seu inadequado nível atual (v. Fig. 9). Porventura significam estas estatísticas, um tanto desoladoras, que os limites da produção de alimentos na terra já foram atingidos?

O recurso básico necessário à produção de alimentos é o solo. Estudos recentes indicam que há, no máximo, cerca de 3,2 bilhões de hectares de terra (7,86 bilhões de acres) potencialmente apropriados à agricultura⁶. Aproximadamente a metade deste solo, a metade mais rica e mais acessível, está sendo atualmente cultivada. O restante exigirá imensos investimentos de capital para ser adquirido, explorado, limpo, irrigado ou fertilizado, antes de estar pronto para produzir alimentos. Os custos recentes de aproveitamento de novas terras são da ordem de 215 a 5 275 dólares por hectare. O custo médio de preparação de terras em áreas despovoadas tem sido de 1100 dólares por hectare⁷. De acordo com um relatório da FAO, o condicionamento de mais terras para cultura não é economicamente viável, mesmo porque é urgente a necessidade de alimentos no mundo de hoje.

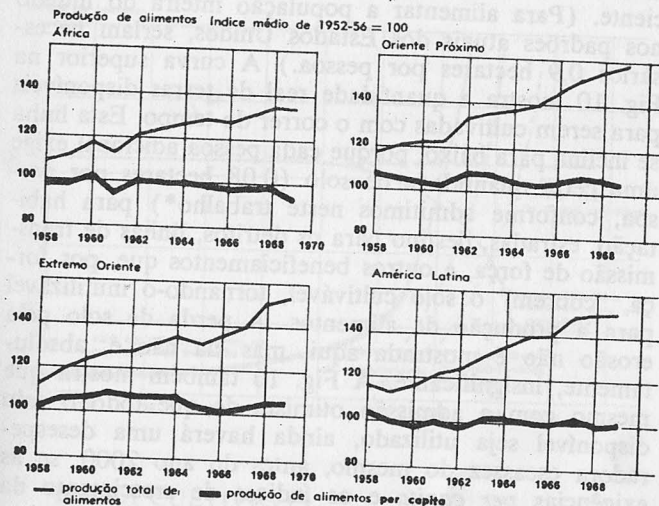
No sul da Ásia... em alguns países do leste asiático, no Oriente Próximo, na África do Norte, e em certas partes da América Latina e da África... quase não há possibilidade de expansão de áreas cultiváveis... Nas regiões



8. CONSUMO DE PROTEÍNAS E CALÓRIAS

As necessidades diárias de proteínas e calorias não estão sendo supridas em muitas áreas do mundo. Desigualdades de distribuição existem não somente entre regiões, como se vê aqui, mas também dentro das próprias regiões. Segundo a Organização para a Alimentação e Agricultura, das Nações Unidas, as áreas de maior escassez incluem os "países andinos, as regiões semi-áridas da África e do Oriente Próximo e algumas partes densamente povoadas da Ásia". As linhas que indicam as necessidades de proteínas e calorias são aquelas calculadas para os norte-americanos. Supõe-se que, se as dietas em outras regiões foram suficientes para permitir ao povo alcançar o peso corporal potencial, as exigências serão as mesmas em todas as partes.

FONTE: UN FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development*. Rome, UN Food and Agriculture Organization, 1970.



9. PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

A taxa de crescimento da produção total de alimentos, em regiões não-industrializadas do mundo, é quase igual à do crescimento da população. Assim, a produção de alimentos *per capita* permaneceu quase constante a um nível baixo.

FONTE: UN FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *The State of Food and Agriculture 1970*. Rome, UN Food and Agriculture Organization, 1970.

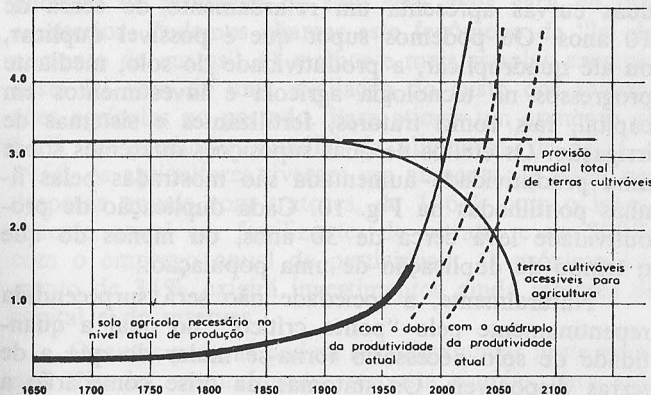
mais áridas será até necessário converter em pastagens permanentes a terra de produção agrícola marginal ou submarginal. Na maior parte da América Latina e da África, ao sul do Saara, ainda há possibilidades consideráveis de se aumentarem as áreas cultivadas, mas os custos de desenvolvimento são altos, e muitas vezes será mais econômico intensificar a utilização de áreas já estabelecidas⁸.

Se a população do mundo decidisse pagar os altos custos de capital para cultivar todas as terras possivelmente cultiváveis, e produzir a maior quantidade possível de alimentos, quantas pessoas poderiam, teoricamente, ser alimentadas? A curva inferior da Fig. 10 mostra a quantidade de solo necessário para alimentar a crescente população mundial, admitindo-se que a atual média mundial de 0,4 hectares por pessoa seja suficiente. (Para alimentar a população inteira do mundo nos padrões atuais dos Estados Unidos, seriam necessários 0,9 hectares por pessoa.) A curva superior na Fig. 10 mostra a quantidade real de terras disponíveis para serem cultivadas com o correr do tempo. Esta linha se inclina para baixo, porque cada pessoa adicional exige uma certa quantidade de solo (0,08 hectares por pessoa, conforme admitimos neste trabalho*) para habitação, estradas, destino para os detritos, linhas de transmissão de força, e outros beneficiamentos que, por força, "cobrem" o solo cultivável, tornando-o inutilizável para a produção de alimentos. A perda de solo pela erosão não é mostrada aqui, mas ela não é, absolutamente, insignificante. A Fig. 10 também mostra que mesmo com a admissão otimista de que todo o solo disponível seja utilizado, ainda haverá uma desesperadora escassez do mesmo, antes do ano 2000, se as exigências *per capita* e os índices de crescimento da população continuarem como estão hoje.

A Fig. 10 também ilustra alguns fatos gerais muito importantes sobre o crescimento exponencial dentro de um espaço limitado. Primeiro, mostra como se pode passar, dentro de pouquíssimos anos, de uma situação de grande abundância para uma outra de grande escassez. Em todas as eras tem havido um excesso exorbitante de terras potencialmente cultiváveis, porém dentro de 30 anos (que é o tempo aproximado de du-

(*) Levantamentos aerofotogramétricos de 44 municípios no oeste dos Estados Unidos, de 1950 a 1960, indicam que as terras com benfeitorias variavam de 0,008 a 0,174 hectares por pessoa⁹.

Bilhões de hectares



10. TERRA CULTIVÁVEL

O total mundial de terras cultiváveis é de cerca de 3,2 bilhões de hectares. Cerca de 0,4 hectares de terra cultivável são necessários, por pessoa, no atual nível de produtividade. A curva que representa a terra necessária reflete, assim, a curva de crescimento da população. A linha fina, depois de 1970, mostra a necessidade projetada de terra, supondo-se que a população mundial continue a crescer a uma taxa igual à atual. A terra cultivável disponível diminui porque, à medida que a população cresce, terras cultiváveis são retiradas para uso urbano-industrial. As curvas pontilhadas mostram as terras necessárias, caso a produtividade atual seja duplicada ou quadruplicada.

plicação de uma população) poderá haver uma súbita e séria escassez. Como o dono do lago de nenúfares, no nosso exemplo no Cap. 1, a raça humana pode ter muito pouco tempo para reagir a uma crise resultante de um crescimento exponencial, em um espaço limitado.

Uma segunda lição que nos ensina a Fig. 10 é que previsões sobre a limitação do solo, baseadas em números precisos, são destituídas de importância, quando comparadas com o inexorável progresso do crescimento exponencial. Poderíamos admitir, por exemplo, que *nenhuma* terra cultivável fosse ocupada por cidades, estradas ou outros fins não-agrícolas. Neste caso, o solo disponível será constante, conforme mostra a linha quebrada horizontal. O ponto de cruzamento das duas curvas apresenta um retardamento de cerca de 10 anos. Ou podemos supor que é possível duplicar, ou até quadruplicar, a produtividade do solo, mediante progressos na tecnologia agrícola e investimentos em capital, tais como tratores, fertilizantes e sistemas de irrigação. Os efeitos de duas suposições diferentes sobre uma produtividade aumentada são mostradas pelas linhas pontilhadas na Fig. 10. Cada duplicação de produtividade leva cerca de 30 anos, ou menos do que o tempo de duplicação de uma população.

Naturalmente, a sociedade não será surpreendida repentinamente pelo "ponto crítico", no qual a quantidade de solo necessário torna-se maior do que a de terras disponíveis. Os sintomas da crise começarão a aparecer muito antes de ser atingido o ponto crítico. Os preços dos alimentos subirão tanto, que muitas pessoas morrerão de fome; outras serão forçadas a reduzir a quantidade efetiva de terras de que se utilizam, e passar a dietas de qualidade inferior. Estes sintomas já são aparentes em muitas partes do mundo. Embora somente metade das terras indicadas na Fig. 10 esteja atualmente sendo cultivada, talvez 10 a 20 milhões de mortes, cada ano, possam ser atribuídas, direta ou indiretamente, à desnutrição¹⁰.

Não há dúvida de que muitas destas mortes sejam devidas mais às limitações sociais do que às limitações físicas do mundo. No entanto, existe uma evidente ligação entre estes dois tipos de limitações no que se refere ao sistema de produção de alimentos. Se terras boas

e férteis fossem ainda facilmente encontradas e incorporadas à lavoura, não haveria nenhuma barreira econômica para alimentar os famintos, e nem opções sociais difíceis a serem feitas. Contudo, a melhor metade das terras potencialmente cultiváveis já está sendo utilizada, e o preparo de novas terras é tão dispendioso que a sociedade tem julgado esta medida como sendo antieconômica. Este é um problema social, agravado por uma limitação física.

Mesmo que a sociedade decidisse pagar os custos necessários para se obterem novas terras, ou para aumentar a produtividade do solo já cultivado, a Fig. 10 mostra quão rapidamente o aumento da população ocasionaria um outro "ponto crítico". E cada ponto crítico sucessivo seria mais custoso de ser vencido. Cada duplicação de produção do solo será mais cara do que a anterior. Podemos chamar este fenômeno de "lei do aumento de custos". O melhor e mais simples exemplo desta lei vem de uma avaliação do custo das realizações agrícolas no passado. Para atingir um aumento de 34% na produção mundial de alimentos, de 1951 a 1966, os agricultores tiveram um aumento de 63% nas despesas anuais com tratores, de 146% com o investimento anual em fertilizantes de nitrato, e de 300% com o emprego anual de pesticidas¹¹. O próximo aumento de 34% exigirá investimentos ainda maiores de capital e de reservas.

Quantas pessoas podem ser alimentadas neste mundo? Não há, naturalmente, resposta simples para esta pergunta. A resposta depende das opções que a sociedade faz entre várias alternativas viáveis. Há uma permuta direta entre a produção de mais alimento e a produção de outros bens e serviços necessários à humanidade, ou desejados por ela. A procura desses outros bens e serviços também está crescendo à medida que cresce a população e, por conseguinte, a opção se torna mais evidente e mais difícil. Contudo, mesmo se a escolha da mais alta prioridade fosse sempre a de produzir alimentos, um crescimento continuado da população, e a lei do aumento de custos, poderiam rapidamente levar o sistema ao ponto em que todos os recursos disponíveis seriam postos a serviço da produção de alimentos, não deixando possibilidade para expansão.

Nesta seção abordamos apenas um limite possível à produção de alimentos, isto é, terras cultiváveis. Há outros limites possíveis, mas o espaço não nos permite discuti-los detalhadamente. O mais óbvio deles, o segundo em importância depois do solo, é a disponibilidade de água doce. Anualmente, há um limite máximo para o fluxo de água doce proveniente das áreas terrestres, e há também uma curva de procura, exponencialmente crescente, para esta água. Poderíamos fazer um gráfico, exatamente análogo à Fig. 10, para mostrar a convergência entre a curva de procura crescente de água e a de suprimento médio constante. Em algumas áreas do mundo este limite será atingido muito antes de se tornar evidente a limitação do solo.

Também é possível evitar ou prolongar estes limites por meio de avanços tecnológicos que removam a subordinação ao solo (alimentos sintéticos) ou que criem novas fontes de água doce (dessalinização da água do mar). Discutiremos tais inovações mais adiante, no Cap. 4. Por enquanto, basta reconhecer que nenhuma nova tecnologia surge espontaneamente ou sem despesas. As fábricas e as matérias-primas para a produção de alimentos sintéticos, o equipamento e a energia para purificar a água do mar, tudo tem que vir do sistema físico do mundo.

O crescimento exponencial da *procura* de alimentos resulta do ciclo positivo de realimentação que está agora determinando o crescimento da população humana. O *abastecimento* de alimentos que se pode esperar no futuro depende do solo e da água doce, e também do capital agrícola que, por sua vez, depende de outro ciclo positivo de realimentação dominante no sistema — o ciclo de investimento de capital. O preparo de novas terras, o aproveitamento do mar, ou o uso crescente de fertilizantes e pesticidas exigirão um aumento da reserva de capital dedicado à produção de alimentos. Os recursos que permitem o aumento desta reserva de capital não tendem a ser recursos renováveis, como a terra e a água, mas sim reservas não-renováveis, tais como os combustíveis ou os metais. Assim, a futura expansão da produção de alimentos está intimamente subordinada à disponibilidade de reservas não-renováveis. Há, no mundo, limites para o suprimento destes recursos naturais?

Recursos não-renováveis

Mesmo levando-se em conta fatores econômicos, tais como os preços elevados devidos à disponibilidade decrescente, poderia parecer que atualmente a quantidade de platina, de ouro, zinco e chumbo não fazem frente à procura. No presente ritmo de expansão... prata, alumínio e urânio podem ter seu fornecimento limitado, mesmo a preços mais altos, no final do século. Lá para o ano 2050, muitos outros minerais podem se achar esgotados, caso perquire seu atual índice de consumo.

Apesar das espetaculares e recentes descobertas, resta apenas um número limitado de locais para a prospecção da maioria dos minérios. Há desacordo entre os geólogos quanto às perspectivas de se encontrarem grandes, novas e ricas jazidas. Seria imprudência ficarmos dependendo de tais futuras descobertas¹².

A Tab. 4 dá uma relação de algumas das mais importantes reservas minerais e de combustíveis, matérias-primas vitais para os grandes processos industriais de hoje. O número que segue cada reserva na coluna 3 indica o índice de reserva estática, isto é, o número de anos que durarão as reservas hoje conhecidas desses recursos (arrolados na coluna 2), se se mantiver o ritmo atual de consumo. Este índice estático é a medida normalmente empregada para exprimir a disponibilidade futura das reservas. Subentendidas no índice estático estão várias suposições, uma das quais é a de que a taxa de consumo permanecerá constante.

Mas a coluna 4, na Tab. 4, mostra que a taxa de consumo mundial de todas as reservas naturais está crescendo exponencialmente. Para muitas reservas a taxa de consumo está crescendo até mais rapidamente do que a população, indicando que, anualmente, mais pessoas estão consumindo as reservas e também que está aumentando, cada ano, o consumo médio por pessoa. Em outras palavras, a curva do crescimento exponencial do consumo das reservas é determinada tanto pelos ciclos positivos de realimentação do crescimento da população, quanto pelo crescimento de capital.

Já vimos na Fig. 10 que um crescimento exponencial no uso do solo pode, muito rapidamente, esbarrar com o montante fixo de terra disponível. Um crescimento exponencial no consumo de reservas pode, da mesma forma, diminuir rapidamente uma reserva

TAB. 4 RECURSOS NATURAIS NÃO-RENOVÁVEIS

1	2	3	4			5	6	7	8	9	10
Reservas	Reservas Conhecidas ^a	Índice Estático (anos) ^b	Taxa Projetada de Crescimento (% anual) ^c			Índice Exponencial (anos) ^d	Índice Exponencial Calculado com a Quintuplicação das Reservas Conhecidas (anos) ^e	Países com as Maiores Reservas (% do total mundial) ^f	Principais Produtores (% do total mundial) ^g	Principais Consumidores (% do total mundial) ^h	Consumo dos Estados Unidos como (% do Total Mundial) ⁱ
			Alta	Média	Baixa						
Alumínio	1.17 × 10 ⁹ t. ^j	100	7.7	6.4	5.1	31	55	Austrália (33) Guiné (20) Jamaica (10)	Jamaica (19) Suriname (12)	Estados Unidos (42) URSS (12)	42
Cromo	7.74 × 10 ⁸ t.	420	3.3	2.6	2.0	95	154	República da África do Sul (75)	URSS (30) Turquia (10)		19
Carvão	5 × 10 ¹² t.	2300	5.3	4.1	3.0 ^k	111	150	Estados Unidos (32) URSS-China (53)	URSS (20) Estados Unidos (24)		22
Cobalto	4.8 × 10 ⁹ lb.	110	2.0	1.5	1.0	60	148	Rep. do Congo (31) Zâmbia (16)	Rep. do Congo (51)		32
Cobre	308 × 10 ⁶ t.	36	5.8	4.6	3.4	21	48	Estados Unidos (28) Chile (19)	Estados Unidos (20) URSS (15) Zâmbia (13)	Estados Unidos (33) URSS (13) Japão (11)	33
Ouro	353 × 10 ⁶ peso Troy	11	4.8	4.1	3.4 ^l	9	29	República da África do Sul (40)	República da África do Sul (77) Canadá (6)		26
Ferro	1 × 10 ¹¹ t.	240	2.3	1.8	1.3	93	173	URSS (33) América do Sul (18) Canadá (14)	URSS (25) Estados Unidos (14)	Estados Unidos (28) URSS (24) Alemanha Ocidental (7)	28
Chumbo	91 × 10 ⁶ t.	26	2.4	2.0	1.7	21	64	Estados Unidos (39)	URSS (13) Austrália (13) Canadá (11)	Estados Unidos (25) URSS (13) Alemanha Ocidental (11)	25
Manganês	8 × 10 ⁸ t.	97	3.5	2.9	2.4	46	94	República da África do Sul (38) URSS (25)	URSS (34) Brasil (13) Rep. África do Sul (13)		14
Mercúrio	3.34 × 10 ⁶ frascos	13	3.1	2.6	2.2	13	41	Espanha (30) Itália (21)	Espanha (22) Itália (21) URSS (18)		24
Molibdeno	10.8 × 10 ⁹ lb.	79	5.0	4.5	4.0	34	65	Estados Unidos (58) URSS (20)	Estados Unidos (64) Canadá (14)		40
Gás Natural	1.14 × 10 ¹⁵ pés ³	38	5.5	4.7	3.9	22	49	Estados Unidos (25) URSS (13)	Estados Unidos (58) URSS (18)		63
Níquel	147 × 10 ⁹ lb.	150	4.0	3.4	2.8	53	96	Cuba (25) Nova Caledônia (22) URSS (14) Canadá (14)	Canadá (42) Nova Caledônia (28) URSS (16)		38
Petróleo	455 × 10 ⁹ barris	31	4.9	3.9	2.9	20	50	Arábia Saudita (17) Kuwait (15)	Estados Unidos (23) URSS (16)	Estados Unidos (33) URSS (12) Japão (6)	33
Grupo Platina m	429 × 10 ⁶ peso Troy	130	4.5	3.8	3.1	47	85	República da África do Sul (47) URSS (47)	URSS (59)		31
Prata	5.5 × 10 ⁹ peso Troy	16	4.0	2.7	1.5	13	42	Países Comunistas (36) Estados Unidos (24)	Canadá (20) México (17) Peru (16)	Estados Unidos (26) Alemanha Ocidental (11)	26
Estanho	4.3 × 10 ⁶ t. lg.	17	2.3	1.1	0	15	61	Tailândia (33) Malásia (14)	Malásia (41) Bolívia (16) Tailândia (13)	Estados Unidos (24) Japão (14)	24
Tungstênio	2,9 × 10 ⁹ lb.	40	2.9	2.5	2.1	28	72	China (73)	China (25) URSS (19) Estados Unidos (14)		22
Zinco	123 × 10 ⁶ t.	23	3.3	2.9	2.5	18	50	Estados Unidos (27) Canadá (20)	Canadá (23) URSS (11) Estados Unidos (8)	Estados Unidos (26) Japão (13) URSS (11)	26

a FONTE: US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems*, 1970. Washington, DC, Government Printing Office, 1970.

b O número de anos que as reservas globais conhecidas durarão no consumo global atual. Calculado através da divisão das reservas conhecidas (coluna 2) pelo consumo anual atual (US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems*, 1970).

c FONTE: US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems*, 1970.

d O número de anos que durarão as reservas globais conhecidas com o consumo crescendo exponencialmente à taxa média anual de crescimento. Calculado através da fórmula

$$\text{Índice exponencial} = \ln((r.s) + 1)$$

$$\frac{r}{s}$$

onde r = taxa média de crescimento da coluna 4
s = índice estático da coluna 3

e O número de anos que as reservas globais conhecidas quintuplicadas durarão com o consumo, crescendo exponencialmente à taxa média anual de crescimento. Calculado a partir da fórmula anterior com 5s em lugar de s.

f FONTE: US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems*, 1970.

g FONTE: UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1969*. New York, United Nations, 1970.

h FONTE: *Yearbook of the American Bureau of Metal Statistics 1970*. York, Pa., Maple Press, 1970.
World Petroleum Report. New York, Mona Palmer Publishing, 1968.
UN ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, *The World Market for Iron Ore*, New York, United Nations, 1968.
US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems*, 1970.

i FONTE: US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts Problems*, 1970.

j Bauxita expressa em equivalente de alumínio.

k Estimativas de contingência do US Bureau of Mines, baseadas na suposição de que o carvão será usado para sintetizar combustíveis gasosos e líquidos.

l Inclui as estimativas do US Bureau of Mines da demanda de ouro para entesouramento.

m Os metais do grupo platino são: platina, paládio, irídio, ósmio, ródio, e o ruteno.

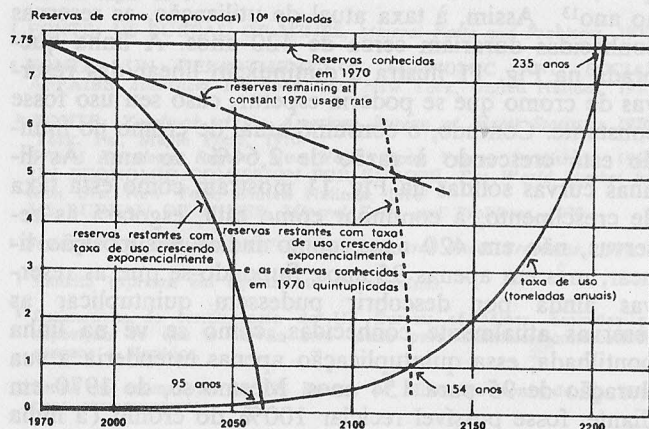
FONTES ADICIONAIS:

FLAWN, P.T. *Mineral Resources*. Skokie, Ill., Rand McNally, 1966.
Metal Statistics, Somerset, N.J., American Metal Market Company, 1970.
US BUREAU OF MINES, *Commodity Data Summary*. Washington, DC, Government Printing Office, janeiro de 1971.

fixa de recursos naturais. A Fig. 11, semelhante à 10, ilustra o efeito do consumo de uma certa quantidade inicial de uma reserva não-renovável, quando este consumo cresce exponencialmente. O exemplo neste caso é o minério de cromo, escolhido por ter um dos mais longos índices de reserva estática entre todos os recursos naturais arrolados na Tab. 4. Poderíamos fazer um gráfico semelhante para cada uma das reservas enumeradas na tabela. As escalas de tempo para as reservas variam, mas a forma geral das curvas seria a mesma.

As reservas mundiais de cromo que se conhecem elevam-se a 775 milhões de toneladas métricas, das quais, atualmente, cerca de 1,85 milhões são extraídas ao ano¹³. Assim, à taxa atual de utilização, as reservas conhecidas durariam cerca de 420 anos. A linha quebrada na Fig. 11 ilustra a diminuição linear das reservas de cromo que se poderia esperar, caso seu uso fosse constante. Contudo, o consumo atual de cromo no mundo está crescendo à razão de 2,64% ao ano. As linhas curvas sólidas na Fig. 11 mostram como esta taxa de crescimento, a continuar como está, esgotará as reservas, não em 420 anos, como indica a suposição linear, mas em apenas 95 anos. Supondo-se que as reservas ainda por descobrir pudessem quintuplicar as reservas atualmente conhecidas, como se vê na linha pontilhada, essa quintuplicação apenas estenderia a sua duração de 95 para 154 anos. Mesmo se, de 1970 em diante, fosse possível reciclar 100% do cromo (a linha horizontal), de tal modo que nenhuma das reservas iniciais se perdesse, a procura superaria o fornecimento em 235 anos.

A Fig. 11 mostra que sob condições de crescimento exponencial no consumo dos recursos naturais, o índice de reserva estática (420 anos para o cromo) é uma medida um tanto enganadora no que se refere à disponibilidade. Podemos definir um novo índice, um "índice de reserva exponencial" que indica a duração provável de cada reserva, supondo-se que continuará a atual taxa de crescimento em consumo. Incluímos este índice na coluna 5, da Tab. 4. Também calculamos um índice exponencial, na suposição de que cada um de nossos recursos naturais atualmente conhecidos possa ser quintuplicado mediante novas descobertas. Este ín-



11. RESERVAS DE CROMO

A duração das reservas de cromo depende da sua futura taxa de consumo. Se o uso permanecer constante, as reservas esgotar-se-ão linearmente (linha quebrada) e durarão 420 anos. Se o uso aumentar exponencialmente, à taxa atual de crescimento de 2,6% ao ano, as reservas esgotar-se-ão em 95 anos. Se as reservas reais fossem iguais a 5 vezes a quantidade comprovada, este minério ficaria disponível durante 154 anos (linha pontilhada), na hipótese de que seu uso cresça exponencialmente. Mesmo que, a partir de 1970, todo o cromo seja perfeitamente reciclado, a procura exponencialmente crescente excederá a oferta, depois de 235 anos (linha horizontal).

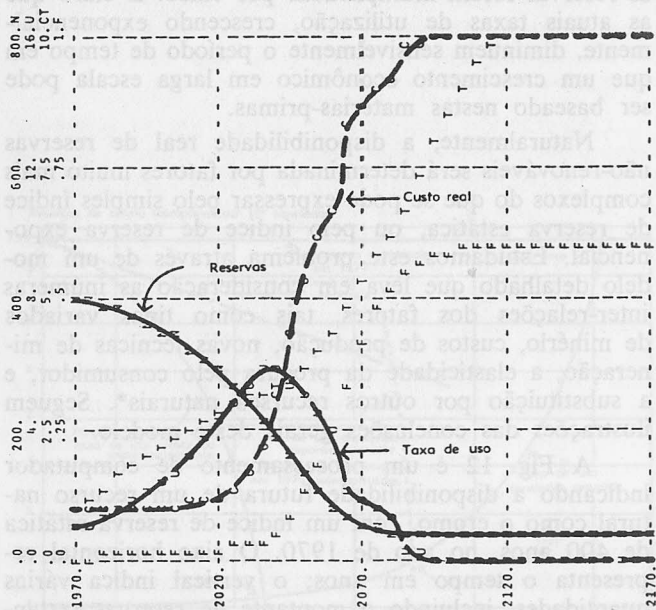
dice se acha na coluna 6. O efeito do crescimento exponencial está em reduzir o período provável de disponibilidade de alumínio, por exemplo, de 100 para 31 anos (55 anos, com uma quintuplicação das reservas). O cobre, com 36 anos de duração, à taxa atual de utilização, na verdade duraria somente 21 anos, mantendo-se o índice atual de crescimento, e 48 anos, se as reservas forem multiplicadas por cinco. É claro que as atuais taxas de utilização, crescendo exponencialmente, diminuem sensivelmente o período de tempo em que um crescimento econômico em larga escala pode ser baseado nestas matérias-primas.

Naturalmente, a disponibilidade real de reservas não-renováveis será determinada por fatores muito mais complexos do que se pode expressar pelo simples índice de reserva estática, ou pelo índice de reserva exponencial. Estudamos este problema através de um modelo detalhado que leva em consideração as inúmeras inter-relações dos fatores, tais como tipos variados de minério, custos de produção, novas técnicas de mineração, a elasticidade da procura pelo consumidor, e a substituição por outros recursos naturais*. Seguem ilustrações das conclusões gerais deste modelo.

A Fig. 12 é um processamento de computador indicando a disponibilidade futura de um recurso natural como o cromo, com um índice de reserva estática de 400 anos, no ano de 1970. O eixo horizontal representa o tempo em anos; o vertical indica várias quantidades, incluindo o montante de reservas restantes (rotuladas RESERVAS), o montante usado cada ano (TAXA de utilização), o custo de extração por unidade de reserva (CUSTO REAL), o progresso na tecnologia de mineração e de processamento (indicado pela letra T), e a fração de uso original da reserva que foi transferida para uma reserva substituta (F).

No princípio, o consumo anual de cromo cresce exponencialmente, e as reservas são rapidamente esgotadas. O preço do cromo permanece baixo e constante, porque novos desenvolvimentos na tecnologia da extração permitem o uso eficiente de minérios de teor cada vez mais baixo. Contudo, à medida que a procura continua a aumentar, o avanço tecnológico não

(*) Uma descrição mais completa deste modelo é apresentada nos relatórios de WILLIAM W. BEHRENS III mencionados no apêndice.



12. DISPONIBILIDADE DE CROMO

Esta figura apresenta um cálculo de computador dos fatores econômicos no caso de disponibilidade de uma reserva natural (cromo) com um índice de reserva estática de 400 anos. Finalmente, o crescimento exponencial do consumo é sustado pelo aumento de custo, quando as reservas iniciais são esgotadas, embora a tecnologia de extração e beneficiamento esteja também crescendo exponencialmente. A taxa de consumo cai a zero depois de 125 anos, ocasião em que outros recursos naturais substituem o cromo em 60% dos usos originais.

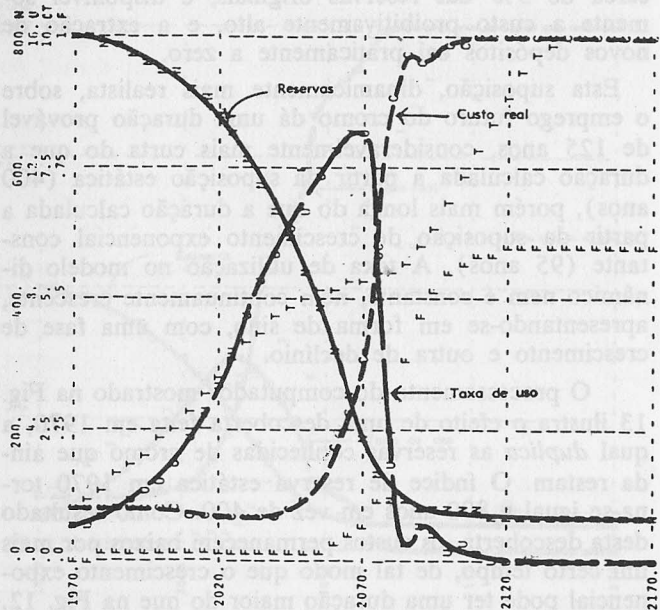
FONTE: BEHRENS, William W. III. "The Dynamics of Natural Resource Utilization", relatório apresentado em 1971 na Computer Simulation Conference, Boston, Massachusetts, julho 1971.

é suficientemente rápido para neutralizar os altos custos da descoberta, da extração, do processamento e da distribuição. Os preços começam a subir, lentamente a princípio, e a seguir muito rapidamente. O preço aumentado leva o consumidor a usar o cromo com maior eficiência e a substituí-lo por outros metais, sempre que possível. Depois de 125 anos, o cromo restante, cerca de 5% das reservas originais, é disponível somente a custo proibitivamente alto, e a extração de novos depósitos cai praticamente a zero.

Esta suposição, dinamicamente mais realista, sobre o emprego futuro do cromo dá uma duração provável de 125 anos, consideravelmente mais curta do que a duração calculada a partir da suposição estática (400 anos), porém mais longa do que a duração calculada a partir da suposição de crescimento exponencial constante (95 anos). A taxa de utilização no modelo dinâmico nem é constante, nem continuamente crescente, apresentando-se em forma de sino, com uma fase de crescimento e outra de declínio.

O processamento do computador mostrado na Fig. 13 ilustra o efeito de uma descoberta feita em 1970, a qual *duplica* as reservas conhecidas de cromo que ainda restam. O índice de reserva estática em 1970 torna-se igual a 800 anos em vez de 400. Como resultado desta descoberta, os custos permanecem baixos por mais um certo tempo, de tal modo que o crescimento exponencial pode ter uma duração maior do que na Fig. 12. O período durante o qual o uso das reservas é economicamente viável, aumenta de 125 para 145 anos. Em outras palavras, uma *duplicação* das reservas aumenta o período real do uso em apenas 20 anos.

A crosta terrestre contém vastas quantidades das matérias-primas que o homem aprendeu a extrair e a transformar em objetos. Contudo, por mais vastas que sejam essas quantidades, elas não são infinitas. Agora que já vimos a rapidez com que uma quantidade exponencialmente crescente se aproxima de um limite máximo fixo, a afirmação seguinte não deveria surpreender-nos. *Considerando-se as taxas atuais de consumo de recursos naturais e o aumento projetado nestas taxas, a grande maioria das reservas não-renováveis,*



13. DISPONIBILIDADE DE CROMO COM DUPLICAÇÃO DAS RESERVAS CONHECIDAS

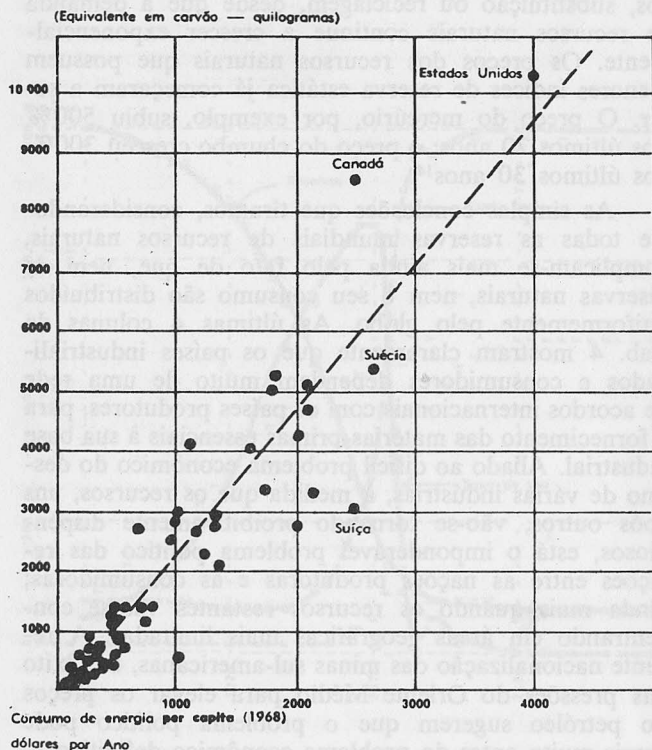
Se em 1970 uma descoberta dobrasse as reservas naturais conhecidas (índice estático de reservas de 800), o crescimento exponencial da taxa de uso se prolongaria, e esta mesma taxa de uso alcançaria valores elevados. Contudo, as reservas são esgotadas muito rapidamente durante o apogeu da taxa de uso. Devido a este esgotamento rápido, a duplicação das reservas não implica em duplicação da duração do recurso natural, mas simplesmente no prolongamento de sua duração de 125 a 145 anos.

FONTE: BEHRENS, William W. III. "The Dynamics of Natural Resource Utilization".

atualmente importantes, será extremamente dispendiosa daqui a 100 anos. A afirmação acima continua verdadeira, independentemente das mais otimistas suposições sobre reservas não-descobertas, avanços tecnológicos, substituição ou reciclagem, desde que a demanda de recursos naturais continue a crescer exponencialmente. Os preços dos recursos naturais que possuem menores índices de reserva estática já começaram a subir. O preço do mercúrio, por exemplo, subiu 500% nos últimos 20 anos; o preço do chumbo cresceu 300% nos últimos 30 anos¹⁴.

As simples conclusões que tiramos, considerando-se todas as reservas mundiais de recursos naturais, complicam-se mais ainda pelo fato de que, nem as reservas naturais, nem o seu consumo são distribuídos uniformemente pelo globo. As últimas 4 colunas da Tab. 4 mostram claramente que os países industrializados e consumidores dependem muito de uma rede de acordos internacionais com os países produtores, para o fornecimento das matérias-primas essenciais à sua base industrial. Aliado ao difícil problema econômico do destino de várias indústrias, à medida que os recursos, uns após outros, vão-se tornando proibitivamente dispendiosos, está o imponderável problema político das relações entre as nações produtoras e as consumidoras; ainda mais quando os recursos restantes vão-se concentrando em áreas geográficas mais limitadas. A recente nacionalização das minas sul-americanas, e o êxito das pressões do Oriente Médio para elevar os preços do petróleo sugerem que o problema político pode surgir muito antes do problema econômico definitivo.

Será que existem reservas suficientes para permitir o desenvolvimento econômico, e um padrão de vida razoavelmente-alto, para os 7 bilhões de pessoas que, segundo os cálculos, viverão no ano 2000? Uma vez mais a resposta deve ser condicional. Depende do modo como as grandes sociedades consumidoras de reservas vão comportar-se, em face de algumas importantes decisões futuras. Elas podem continuar a aumentar o consumo dos recursos naturais, de acordo com o padrão atual. Podem aprender a aproveitar e a reciclar materiais que têm sido postos de lado. Podem desenvolver novos métodos para aumentar a durabilidade de produtos feitos com reservas que são escassas. Podem en-



14. CONSUMO DE ENERGIA E PNB PER CAPITA

Embora as nações do mundo consumam quantidades muito variadas de energia *per capita*, o consumo de energia está muito bem correlacionado com a produção total *per capita* (PNB *per capita*). Geralmente as relações são lineares, com os pontos espalhados, devido às diferenças no clima, preços locais de combustíveis e ênfase na indústria pesada.

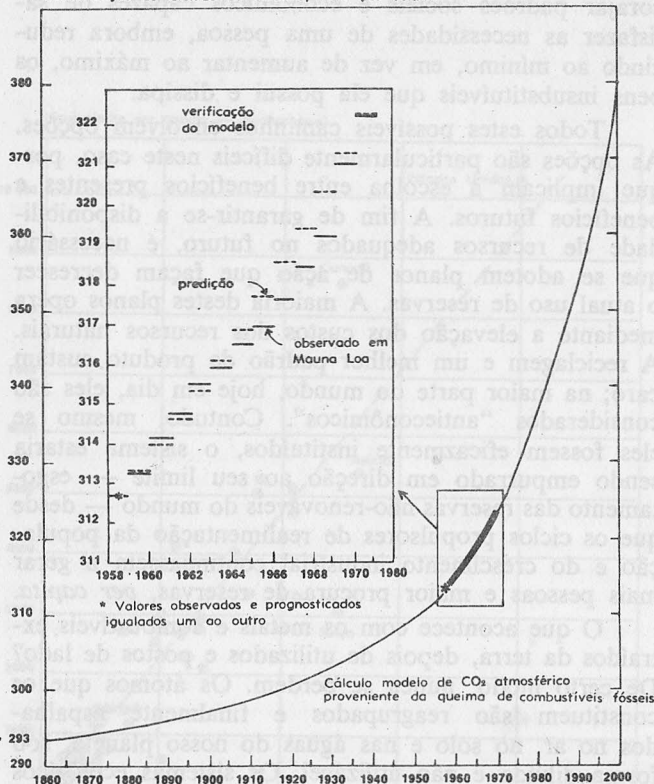
FONTE: Para consumo de energia, UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1969*. New York, United Nations, 1970. Para PNB *per capita*, *World Bank Atlas*. Washington, DC, International Bank of Reconstruction and Development, 1970

corajar padrões sociais e econômicos capazes de satisfazer as necessidades de uma pessoa, embora reduzindo ao mínimo, em vez de aumentar ao máximo, os bens insubstituíveis que ela possui e dissipa.

Todos estes possíveis caminhos envolvem opções. As opções são particularmente difíceis neste caso, porque implicam a escolha entre benefícios presentes e benefícios futuros. A fim de garantir-se a disponibilidade de recursos adequados no futuro, é necessário que se adotem planos de ação que façam decrescer o atual uso de reservas. A maioria destes planos opera mediante a elevação dos custos dos recursos naturais. A reciclagem e um melhor padrão de produto custam caro; na maior parte do mundo, hoje em dia, eles são considerados "antieconômicos". Contudo, mesmo se eles fossem eficazmente instituídos, o sistema estaria sendo empurrado em direção ao seu limite — esgotamento das reservas não-renováveis do mundo — desde que os ciclos propulsores de realimentação da população e do crescimento industrial continuassem a gerar mais pessoas e maior procura de reservas, *per capita*.

O que acontece com os metais e combustíveis extraídos da terra, depois de utilizados e postos de lado? De certo modo, nunca se perdem. Os átomos que os constituem são reagrupados e finalmente espalhados no ar, no solo e nas águas do nosso planeta, sob forma diluída e não utilizável. Os sistemas ecológicos naturais podem absorver muitos dos produtos resultantes da atividade humana e, por processo especial, transformá-los novamente em substâncias utilizáveis por outras formas de vida ou, pelo menos, que sejam inofensivas a elas. Contudo, quando qualquer produto é liberado em escala bastante grande, os mecanismos naturais de absorção podem saturar-se. Os refugos da civilização humana podem acumular-se no meio ambiente até se tornarem visíveis, irritantes e mesmo nocivos. O mercúrio nos peixes do mar, partículas de chumbo no ar da cidade, amontoados de lixo urbano, manchas de óleo nas praias são os resultados do fluxo crescente de reservas para dentro e para fora do campo da atividade humana. Não admira muito, então, que uma outra quantidade, exponencialmente crescente no sistema mundial, seja a poluição.

Concentração de dióxido de carbono, PPM por volume



15. CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA ATMOSFERA

A concentração atmosférica de CO₂, observada desde 1958 em Mauna Loa, Havai, aumentou constantemente. Atualmente, o aumento é em média de 1,5 partes por milhão (ppm) ao ano. Cálculos que incluem as diferenças conhecidas de CO₂ entre a atmosfera, a biosfera e os oceanos predizem que a concentração de CO₂ alcançará 380 ppm no ano 2000, um aumento de cerca de 30% do valor provável em 1860. A fonte deste aumento exponencial de CO₂ atmosférico é o uso crescente pelo homem, de combustíveis fósseis.

FONTE: MACHTA, Lester. "The Role of the Oceans and Biosphere in the Carbon Dioxide Cycle." Relatório apresentado no Nobel Symposium 20 "The Changing Chemistry of the Oceans", Goeteborg, Suécia, agosto de 1971.

Muitas pessoas... estão concluindo, com base em evidências significativas e razoavelmente objetivas, que a duração da vida da biosfera como uma região habitável para os organismos deve ser medida em décadas, em vez de em centenas de milhões de anos. Isto é totalmente culpa da nossa própria espécie¹⁵.

Só muito recentemente o homem tem-se preocupado com os efeitos de suas atividades sobre o meio ambiente. As tentativas científicas de medir tal efeito são ainda mais recentes e muito incompletas. Seguramente, não somos capazes, agora, de chegar a uma conclusão final sobre a capacidade que a terra tem de absorver a poluição. Podemos, contudo, apresentar quatro pontos básicos nesta seção que, numa perspectiva dinâmica global, ilustram quanto difícil será compreender e controlar o estado futuro de nossos sistemas ecológicos. Estes pontos são os seguintes:

1. Os poucos tipos de poluição que foram realmente medidos durante um certo tempo, parecem estar crescendo exponencialmente.
2. Quase não temos conhecimento a respeito dos limites máximos dessas curvas de crescimento de poluição.
3. A presença de atrasos naturais nos processos ecológicos aumenta a probabilidade de se subestimarem as medidas de controle necessárias e, por conseguinte, de atingir, inadvertidamente, esses limites máximos.

4. Muitos poluentes se espalham por todo o globo; seus efeitos nocivos aparecem longe dos pontos em que são gerados.

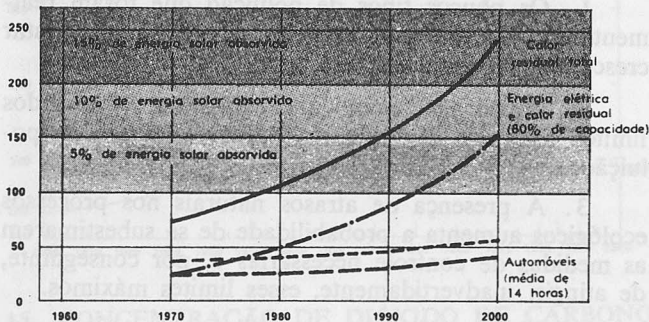
É impossível ilustrar cada um desses quatro pontos para cada tipo de poluente, não só por causa das limitações de espaço deste livro, mas também por causa das limitações dos dados disponíveis. Por isso, devemos discutir cada ponto, usando como exemplos aqueles poluentes que têm sido mais completamente estudados até hoje. Não é necessariamente verdade que os poluentes aqui mencionados sejam os que causam maior preocupação (posto que todos eles, de certa forma, o façam). Eles são, antes, os que melhor compreendemos.

Virtualmente todo poluente já medido como uma função de tempo parece estar crescendo exponencialmente. As taxas de crescimento dos vários exemplos mostrados abaixo variam enormemente, mas a maioria deles está crescendo mais rapidamente do que a população. Alguns poluentes, é óbvio, acham-se em relação direta com o crescimento da população (ou com a atividade agrícola, que tem relação com o crescimento populacional). Outros são mais intimamente relacionados com o crescimento da indústria e com os avanços tecnológicos. No complicado sistema mundial a maioria dos poluentes é, de certo modo, influenciada pelos ciclos positivos de realimentação, *tanto* da população *quanto* da industrialização.

Começamos analisando os poluentes relacionados ao crescente uso de energia pela humanidade. O processo de desenvolvimento econômico é, na realidade, o processo da utilização de mais energia para aumentar a produtividade e a eficiência do trabalho humano. De fato, um dos melhores indícios da riqueza de uma população humana é a quantidade de energia que ela consome por pessoa (v. Fig. 14). O consumo de energia *per capita*, no mundo, está crescendo a uma taxa de 1,3% ao ano¹⁶, o que significa um crescimento total, incluindo o crescimento da população, que é de 3,4% ao ano.

Atualmente cerca de 97% da produção de energia industrial da humanidade procede de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural)¹⁷. Quando queimados, estes combustíveis desprendem na atmosfera, entre outras substâncias, o dióxido de carbono (CO₂). Correntemente, cerca de 20 bilhões de toneladas de CO₂ estão sendo liberados de combustíveis fósseis, anualmente¹⁸. Como mostra a Fig. 15, a quantidade medida de CO₂ na atmosfera está crescendo de modo exponencial, aparentemente a uma razão de cerca de 0,2% ao ano. Apenas cerca da metade do CO₂ desprendido de combustíveis fósseis queimados, realmente tem aparecido na atmosfera — a outra metade, aparentemente, tem sido absorvida pela superfície dos oceanos¹⁹.

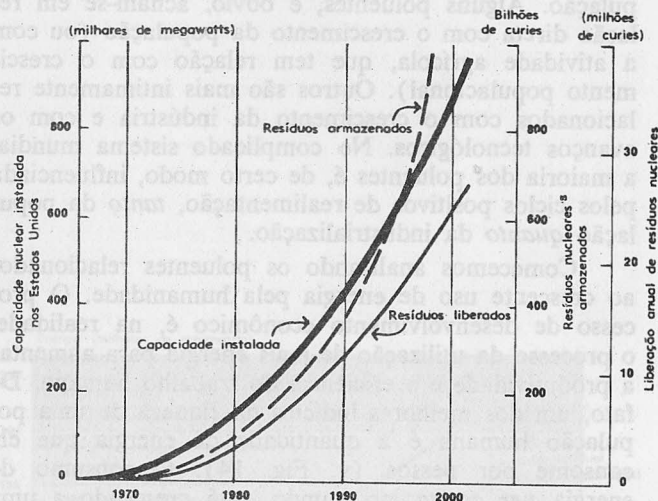
Energia (milhares de megawatts)



16. PRODUÇÃO DE CALOR RESIDUAL NA BACIA DE LOS ANGELES

Resíduos térmicos liberados nas 4 000 milhas quadradas da bacia de Los Angeles equivalem atualmente a cerca de 5% do total da energia solar absorvida na superfície. Na taxa atual de aumento, no ano 2000 a liberação térmica atingirá 18% da energia solar recebida. Esse calor, resultado de todos os processos de geração e consumo de energia, já está afetando o clima local.

FONTE: LEES, L. *Man's Impact on the Global Environment*. Report, of the Study of Critical Environmental Problems. Cambridge, Mass., MIT Press, 1970.



17. RESÍDUOS NUCLEARES

Espera-se que a capacidade de geração nuclear instalada nos Estados Unidos cresça de 11 mil megawatts em 1970 para mais de 900 mil no ano 2000. A quantidade total dos resíduos nucleares acumulados, produtos radioativos derivados da produção de energia, provavelmente excederão mil bilhões de Curies naquele ano. A descarga anual de resíduos nucleares, a maior parte sob a forma dos gases criptônio e trício, na água de esfriamento, atingirá 25 milhões de Curies, se os padrões atuais de descarga forem mantidos.

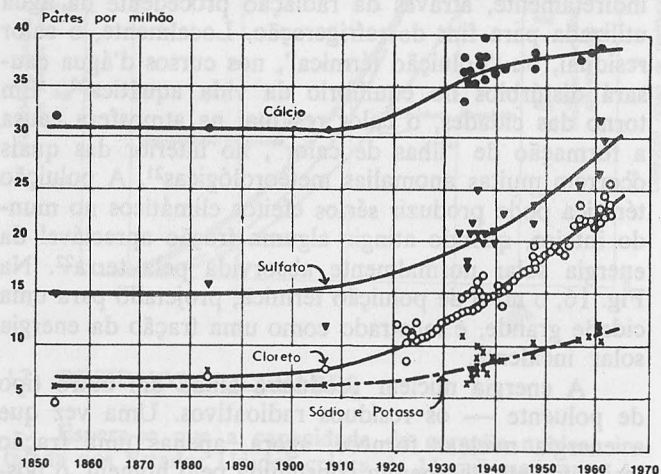
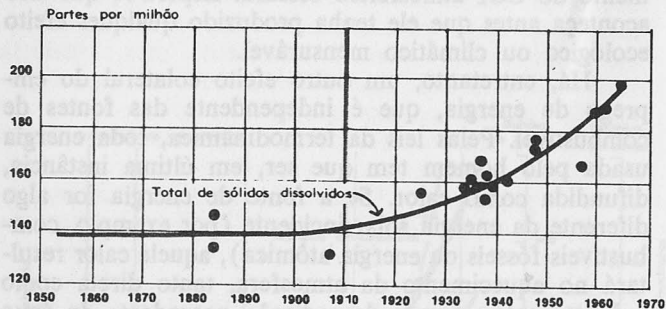
FONTE: Para capacidade instalada em 1985, US ATOMIC ENERGY COMMISSION, *Forecast of Growth of Nuclear Power*, Washington, DC, Government Printing Office, 1971. Para capacidade instalada no ano 2000, Chauncey Starr, "Energy and Power", *Scientific American*, setembro 1971. Para resíduos nucleares acumulados, J. A. Snow, "Radioactive Waste from Reactors", *Scientist and Citizen* 9, 1967. Para descarga anual de resíduos nucleares, especificações para uma planta de 1,6 mil megawatts em Calvert Cliffs, Maryland.

Se, um dia, as necessidades de energia que tem o homem forem supridas por força nuclear, em vez de o ser por combustíveis fósseis, com o tempo este aumento do CO₂ atmosférico cessará. Espera-se que isso aconteça antes que ele tenha produzido qualquer efeito ecológico ou climático mensurável.

Há, entretanto, um outro efeito colateral do emprego de energia, que é independente das fontes de combustível. Pelas leis da termodinâmica, toda energia usada pelo homem tem que ser, em última instância, difundida como calor. Se a fonte de energia for algo diferente da energia solar incidente (por exemplo, combustíveis fósseis ou energia atômica), aquele calor resultará no aquecimento da atmosfera, tanto direta como indiretamente, através da radiação procedente da água utilizada para fins de refrigeração. Localmente, o calor residual, ou "poluição térmica", nos cursos d'água causará distúrbios no equilíbrio da vida aquática²⁰. Em torno das cidades, o calor residual na atmosfera causa a formação de "ilhas de calor", no interior das quais ocorrem muitas anomalias meteorológicas²¹. A poluição térmica pode produzir sérios efeitos climáticos no mundo inteiro, quando atingir alguma fração apreciável da energia solar normalmente absorvida pela terra²². Na Fig. 16, o nível de poluição térmica, projetado para uma cidade grande, é mostrado como uma fração da energia solar incidente.

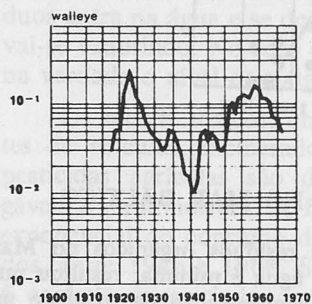
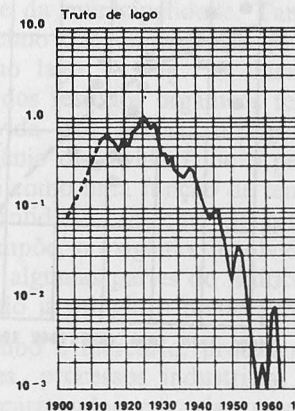
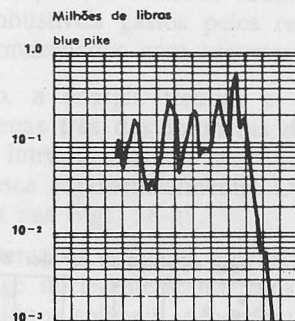
A energia nuclear produzirá ainda um outro tipo de poluente — os resíduos radioativos. Uma vez que a energia nuclear fornece, agora, apenas uma fração insignificante da energia consumida pelo homem, o possível impacto ambiental dos resíduos despreendidos pelos reatores nucleares pode apenas ser imaginado. Contudo, pode-se fazer uma idéia, considerando-se os desprendimentos reais e antecipados de isótopos radioativos das usinas de energia nuclear, atualmente em construção. Uma lista parcial da esperada descarga anual para o ambiente, de uma usina nuclear de 1,6 milhões de quilowatts, agora em construção nos Estados Unidos, inclui 42800 Curies* de *cripton* radioativo (sua meia-

(*) O Curie é o equivalente radioativo de um grama de rádio. E isto é uma quantidade tão grande de radiação que as concentrações ambientais são geralmente expressas em termos de microcuries (um milionésimo de um Curie).



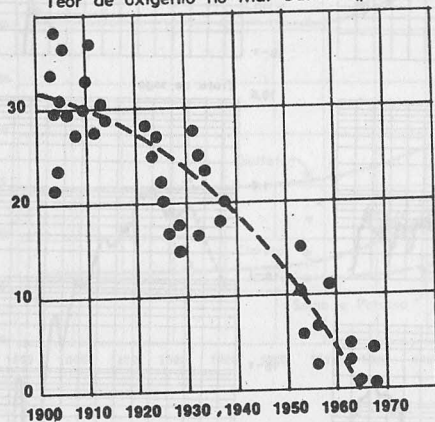
18. ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PRODUÇÃO COMERCIAL DE PEIXES NO LAGO ONTÁRIO

A concentração de inúmeros sais no Lago Ontário vem crescendo exponencialmente, como resultado da grande quantidade de resíduos municipais, industriais e agrícolas aí lançados. As alterações químicas no lago ocasionaram grave declínio da pesca dos peixes de maior valor comercial. Deve-se notar que a escala traçada para a pesca é logarítmica; assim, a pesca da maioria das espécies de peixes diminui por fatores de 100 e 1000.



FONTE: BEETON, A. M. *Statement on Pollution and Eutrophication of the Great Lakes*. The University of Wisconsin Center for Great Lakes Studies, Special Report 11, Milwaukee, Wisc., University of Wisconsin, 1970.

Teor de oxigênio no Mar Báltico (percentagem de saturação)



19. TEOR DE OXIGÊNIO NO MAR BÁLTICO

O acúmulo crescente de resíduos orgânicos no Mar Báltico, onde a circulação de água é mínima, resultou numa diminuição constante da concentração de oxigênio na água. Em algumas áreas, especialmente em águas mais profundas, a concentração de oxigênio é zero, não permitindo a manutenção de quase nenhuma forma de vida aquática.

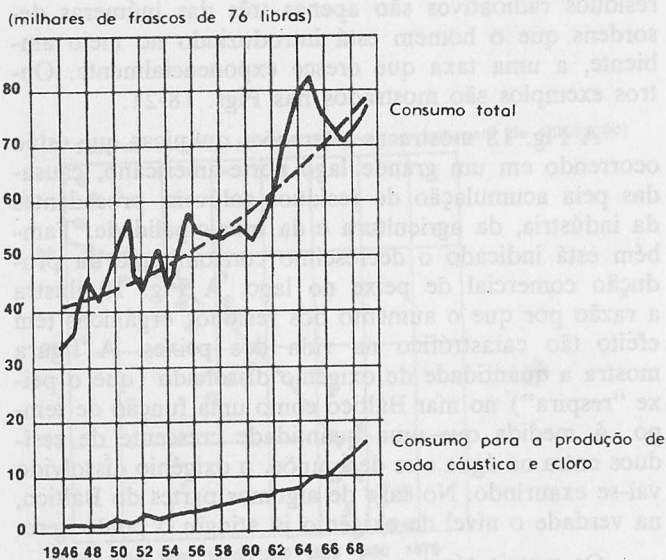
FONTE: FONSELIUS, Stig H. Stagnant Sea. *Environment*, julho-agosto 1970.

-vida variando de poucas horas até 9,4 anos, dependendo do isótopo) nos volumes de gases, e 2 910 Curies de trício (meia-vida de 12,5 anos) na água residual²³. A Fig. 17 mostra como a capacidade de geração nuclear dos Estados Unidos deverá crescer daqui por diante, até o ano 2000. O gráfico também inclui um cálculo dos resíduos radioativos, anualmente desprendidos por estas usinas de energia nuclear, e dos resíduos acumulados (procedentes dos combustíveis gastos pelos reatores) que terão que ser armazenados com segurança.

O dióxido de carbono, a energia térmica e os resíduos radioativos são apenas três das inúmeras desordens que o homem está introduzindo no meio ambiente, a uma taxa que cresce exponencialmente. Outros exemplos são mostrados nas Figs. 18-21.

A Fig. 18 mostra as alterações químicas que estão ocorrendo em um grande lago norte-americano, causadas pela acumulação de resíduos solúveis, procedentes da indústria, da agricultura e da municipalidade. Também está indicado o decréscimo concomitante da produção comercial de peixe no lago. A Fig. 19 ilustra a razão por que o aumento dos resíduos orgânicos tem efeito tão catastrófico na vida dos peixes. A figura mostra a quantidade de oxigênio dissolvido (que o peixe "respira") no mar Báltico como uma função de tempo. À medida que uma quantidade crescente de resíduos entra na água e se decompõe, o oxigênio dissolvido vai-se exaurindo. No caso de algumas partes do Báltico, na verdade o nível de oxigênio já atingiu o ponto zero.

Os metais tóxicos, chumbo e mercúrio, procedentes de veículos, incineradores, processos industriais, e pesticidas agrícolas são descarregados em vias navegáveis e na atmosfera. A Fig. 20 mostra o crescimento exponencial do consumo de mercúrio nos Estados Unidos, entre 1946 e 1968. Somente 18% desse mercúrio é captado e reciclado depois do uso²⁴. Um aumento exponencial em depósitos de chumbo, carregados pelo ar, tem sido demonstrado através da extração de amostras, sucessivamente mais profundas, da calota polar da Groenlândia, como se vê na Fig. 21.



20. CONSUMO DE MERCÚRIO NOS ESTADOS UNIDOS

O consumo de mercúrio nos Estados Unidos mostra uma tendência exponencial, à qual se sobrepõem as flutuações do mercado a curto prazo. Grande parte do mercúrio é usada na produção de soda cáustica e de cloro. O gráfico não inclui a quantidade crescente de mercúrio na atmosfera, através da queima de combustíveis fósseis.

FONTE: COMMONER, Barry; CARR, Michael & STAMLER, Paul J. The Causes of Pollution. *Environment*, abril, 1971.

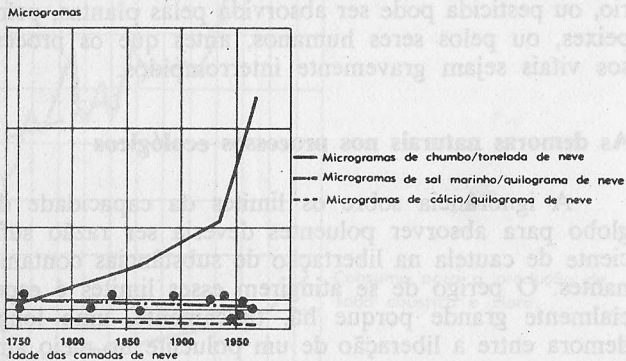
Limites máximos, ainda desconhecidos

Todas essas curvas exponenciais de vários tipos de poluição podem ser extrapoladas para o futuro, como o fizemos com as necessidades de solo na Fig. 10, e o uso de reservas, na Fig. 11. Nessas duas figuras anteriores, a curva do crescimento exponencial atingiu, finalmente, um limite máximo — a quantidade total de terras cultiváveis, ou de reservas no solo, economicamente viáveis. Contudo, não foram indicados os limites máximos para as curvas de crescimento exponencial dos poluentes, nas Figs. 15-21, porque se desconhece o quanto podemos perturbar o equilíbrio ecológico natural da terra, sem incorrerem em sérias conseqüências. Não se conhece a quantidade de CO₂ ou de poluição térmica que pode ser despreendida, sem causar mudanças irreversíveis no clima da terra, ou que quantidade de radioatividade, de chumbo, mercúrio, ou pesticida pode ser absorvida pelas plantas, pelos peixes, ou pelos seres humanos, antes que os processos vitais sejam gravemente interrompidos.

As demoras naturais nos processos ecológicos

A ignorância sobre os limites da capacidade do globo para absorver poluentes deveria ser razão suficiente de cautela na libertação de substâncias contaminantes. O perigo de se atingirem esses limites é especialmente grande porque há, tipicamente, uma longa demora entre a liberação de um poluente no meio ambiente e o aparecimento de seus efeitos negativos no sistema ecológico. As implicações dinâmicas de um efeito tão retardado podem ser ilustradas pela trajetória do DDT através do meio ambiente, depois de utilizado como inseticida. Os resultados apresentados aqui são tirados de um minucioso estudo sobre a Dinâmica de Sistemas*, usando-se as constantes numéricas apropriadas ao DDT. A conclusão geral é aplicável (com alguma mudança nos respectivos números exatos) a todas as substâncias tóxicas de longa duração, tais como o mercúrio, o chumbo, o cádmio, outros

(*) Esse estudo de Jorgen Randers e Dennis L. Meadows está presente no apêndice deste volume.



21. CHUMBO NA CALOTA GLACIAL DA GROENLÂNDIA

Amostras de neve retiradas das camadas profundas das geleiras da Groenlândia indicam que os depósitos de chumbo se tornam cada vez maiores com o passar do tempo. Para controle, também foram medidas as concentrações de cálcio e de sal marinho. A presença do chumbo reflete o crescente uso industrial do metal no mundo, incluindo a sua direta descarga na atmosfera, proveniente dos escapamentos de automóveis.

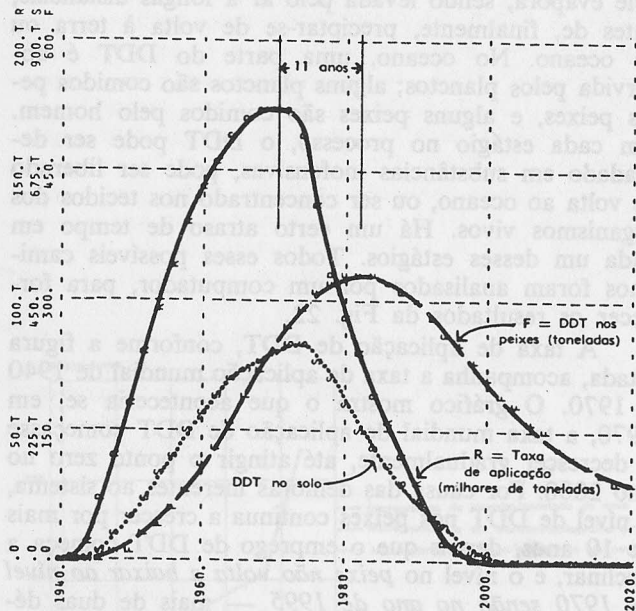
FONTE: PATTERSON, C. C. & SALVIA, J. D. Lead in the Modern Environment — How Much is Natural? *Scientist and Citizen*, abril, 1968.

pesticidas, o policlorobifenil (PCB), e os resíduos radioativos.

O DDT é um produto químico-orgânico feito pelo homem, espalhado no meio ambiente como um pesticida, à razão de cerca de 100 000 toneladas anualmente²⁵. Depois de aplicado por pulverização, parte dele evapora, sendo levada pelo ar a longas distâncias, antes de, finalmente, precipitar-se de volta à terra ou ao oceano. No oceano, uma parte do DDT é absorvida pelos planctos; alguns planctos são comidos pelos peixes, e alguns peixes são comidos pelo homem. Em cada estágio no processo, o DDT pode ser degradado em substâncias inofensivas, pode ser liberado de volta ao oceano, ou ser concentrado nos tecidos dos organismos vivos. Há um certo atraso de tempo em cada um desses estágios. Todos esses possíveis caminhos foram analisados por um computador, para fornecer os resultados da Fig. 22.

A taxa de aplicação de DDT, conforme a figura citada, acompanha a taxa de aplicação mundial de 1940 a 1970. O gráfico mostra o que aconteceria se, em 1970, a taxa mundial de aplicação de DDT começasse a decrescer gradualmente, até atingir o ponto zero no ano 2000. Por causa das demoras inerentes ao sistema, o nível de DDT nos peixes continua a crescer por mais de 10 anos, depois que o emprego de DDT começa a declinar, e o nível no peixe não volta a baixar ao nível de 1970 senão no ano de 1995 — mais de duas décadas depois de tomada a decisão de reduzir a aplicação de DDT.

Sempre que houver uma longa demora a partir do tempo em que for espalhado um poluente, até o momento de seu aparecimento em forma nociva, sabemos que haverá uma demora igualmente longa desde o tempo de controle daquele poluente até o tempo em que, finalmente, seu efeito nocivo decresce. Em outras palavras, qualquer sistema de controle de poluição, baseado no estabelecimento de controles, somente quando algum mal já for evidenciado, provavelmente fará com que o problema se torne muito pior, antes de melhorar. Sistemas dessa natureza são extremamente difíceis de controlar, porque exigem que as providências atuais sejam baseadas em resultados previstos para um futuro mais remoto.



22. FLUXOS DE DDT NO MEIO AMBIENTE

O cálculo do ciclo do DDT no meio ambiente mostra o resultado provável que se obteria, caso a taxa mundial de aplicação de DDT começasse a declinar em 1970. O DDT, no solo, atinge seu ponto máximo pouco depois do início do declínio da taxa de aplicação; mas, nos peixes, ele continua a crescer por mais de 11 anos, e não volta ao nível de 1970 senão em 1995. O DDT nos animais que se alimentam de peixe, como os pássaros e o homem, mostraria uma demora ainda mais longa para reagir à diminuição de sua aplicação.

FONTE: RANDERS, Jorgen & MEADOWS, Dennis L. "System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment". Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Distribuição mundial de poluentes

No momento só as nações desenvolvidas do mundo estão seriamente preocupadas com a poluição. Mas, infelizmente, uma característica de muitos tipos de poluição é a de se espalharem, enfim, por todo o mundo. Embora a Groenlândia esteja bem distante de qualquer fonte de poluição atmosférica pelo chumbo, a quantidade desse poluente depositada nas suas áreas geladas aumentou de 300% desde 1940²⁶. O DDT tem-se acumulado no tecido adiposo dos seres humanos, em todas as partes do globo, desde os esquimós do Alasca aos habitantes de Nova Delhi, conforme mostra a Tab. 5.

Os limites da poluição

Uma vez que a produção de poluição é uma função complicada da população, da industrialização e dos desenvolvimentos tecnológicos específicos, torna-se difícil calcular exatamente a rapidez com que está cres-

TAB. 5. DDT NAS GORDURAS DO ORGANISMO

População	Ano	Tamanho da amostra	Concentração de DDT e prod. tóxicas nas gorduras do organismo (partes por milhão)
Alasca (Esquimós)	1960	20	3,0
Canadá	1959-60	62	4,9
Inglaterra	1961-62	131	2,2
Inglaterra	1964	100	3,9
França	1961	10	5,2
Alemanha	1958-59	60	2,3
Hungria	1960	48	12,4
Índia (Delhi)	1964	67	26,0
Israel	1963-64	254	19,2
Estados Unidos (Kentucky)	1942	10	0,0
Estados Unidos (Georgia, Kentucky, Arizona, Washington)	1961-62	130	12,7
Estados Unidos (todas as áreas)	1964	64	7,6

FONTE: HAYES, Wayland J. Jr. "Monitoring Food and People for Pesticid Content." In *Scientific Aspects of Pest Control*, Washington, DC, National Academy of Sciences — National Research Council, 1966.

cendo a curva exponencial de liberação total de poluentes. Podemos calcular que se os 7 bilhões de habitantes do ano 2000 tiverem um Produto Nacional Bruto (PNB) *per capita* tão alto quanto o atual dos americanos, a carga de poluição total no meio ambiente será, no mínimo, dez vezes maior que seu valor atual. Poderão os sistemas naturais da terra suportar uma intrusão de tal magnitude? Não temos a menor idéia. Algumas pessoas acreditam que o homem já degradou a tal ponto o meio ambiente, que um dano irreversível já foi causado aos grandes sistemas naturais. Não sabemos o limite máximo preciso da capacidade do globo de absorver qualquer um dos tipos de poluição, tomado separadamente, e muito menos a sua capacidade de absorver a combinação de todos os outros tipos. No entanto, sabemos que *há* um limite máximo; ele já foi ultrapassado em muitos meios ambientes locais. O caminho mais seguro para atingir, globalmente, este limite máximo, é aumentar exponencialmente, tanto a população, quanto as atividades poluidoras de cada pessoa.

As alternativas existentes no setor ambiente do sistema mundial são, em todos os seus detalhes, tão difíceis de resolver como as do setor de recursos naturais e agrícolas. Os benefícios das atividades geradoras de poluição são, em geral, muito afastados dos custos, tanto no espaço como no tempo. Portanto, para que decisões justas sejam tomadas, os dois fatores, espaço e tempo, precisam ser levados em consideração. Se os detritos são descarregados rio acima, quem sofrerá rio abaixo? Se fungicidas, contendo mercúrio, são empregados agora, em que proporção, quando e onde o mercúrio aparecerá nos peixes marinhos? Se fábricas poluidoras são localizadas em áreas remotas para "isolar" os poluentes, onde estarão tais poluentes daqui a dez ou vinte anos?

Podem ser que os desenvolvimentos tecnológicos permitam a expansão de indústrias com poluição crescente, mas isso se conseguirá somente com altos custos. O Conselho Americano para a Qualidade do Meio Ambiente pediu uma verba de 105 bilhões de dólares para o período que vai de agora até 1975 (42% dos quais seriam pagos pela indústria), apenas para uma parcial purificação do ar, da água e dos poluentes residuais sólidos na América do Norte²⁷. Qualquer país

pode adiar o dispêndio de tal quantia, a fim de aumentar a taxa atual de crescimento dos seus capitais investidos; mas isso aconteceria somente às custas da futura deterioração ambiental, que pode ser reversível, mas apenas com gastos muito elevados.

Um mundo finito

Nesse capítulo, mencionamos muitas alternativas difíceis, existentes na produção de alimentos, no consumo de riquezas e na produção e limpeza da poluição. Neste ponto, já deveria estar claro que todas essas alternativas se originam de um simples fato — a terra é finita. Quanto mais qualquer atividade humana se aproxima do limite da capacidade que o globo tem para suportá-la, tanto mais evidentes e difíceis de se resolverem se tornam as opções. Quando há abundância de terra cultivável, ainda não usada, pode haver mais pessoas e também mais alimentos por pessoa. Quando todas as terras já estiverem utilizadas, a permuta entre mais pessoas ou mais alimentos por pessoa torna-se uma escolha entre entidades absolutas.

Em geral, a sociedade moderna não aprendeu a reconhecer essas opções, e a tratar com elas. O objetivo evidente no atual sistema mundial consiste em aumentar a população proporcionando-se mais alimentos, bens materiais, ar puro e água para cada pessoa. Notamos, neste capítulo, que, se a sociedade continuar a lutar por esse objetivo, finalmente atingirá uma das muitas limitações terrestres. Como veremos no próximo capítulo, não é possível prever com exatidão que limitação ocorrerá primeiro, ou quais serão as consequências porque, para tal situação existem muitos modos humanos de agir, uns concebíveis, outros imprevisíveis. É possível, contudo, investigar, no sistema mundial, as condições e as mudanças que podem levar a sociedade a um conflito ou a uma acomodação dentro dos limites do crescimento em um mundo finito.

3

O CRESCIMENTO NO SISTEMA MUNDIAL

Na circunferência de um círculo, o começo e o fim são comuns.

HERÁCLITO, 500 a.C.

Discutimos a questão de alimentos, recursos naturais não-renováveis, e absorção da poluição como fatores isolados, necessários para o crescimento e manutenção da população e da indústria. Analisamos a taxa

de crescimento na procura de cada um desses fatores, e os possíveis limites máximos para o seu suprimento. Através de simples extrapolações das curvas de crescimento da procura, tentamos calcular, aproximadamente, por quanto tempo o aumento de cada um desses fatores é capaz de continuar na sua taxa atual de crescimento. A conclusão que tiramos dessas extrapolações é igual à já divisada por muitas pessoas perceptivas, isto é, que os curtos tempos de duplicação de muitas atividades do homem, combinados com as quantidades imensas que estão sendo duplicadas, nos aproximarão, surpreendentemente cedo, dos limites de crescimento dessas atividades.

A extrapolação das tendências atuais é uma maneira tradicional de examinar o futuro, especialmente o futuro bem próximo, particularmente se a quantidade que está sendo considerada não for muito influenciada por outras tendências que estão ocorrendo em qualquer outra parte do sistema. Sem dúvida, nenhum dos cinco fatores que estamos examinando aqui é independente. Cada um atua constantemente sobre todos os demais. Já mencionamos algumas destas interações. A população não pode crescer sem alimentos; a produção de alimento aumenta com o acréscimo de capital; mais capital requer mais reservas naturais; as reservas descartadas transformam-se em poluição; e a poluição interfere no crescimento, tanto da população como de alimentos.

Além disso, durante longos períodos de tempo, cada um desses fatores também atua em reverso, influenciando-se a si próprio. Por exemplo, a taxa de crescimento da produção de alimentos nos anos 70 afetará, de certo modo, o tamanho da população nos anos 80, o que por sua vez determinará a taxa à qual a produção de alimentos deverá crescer por muitos anos subsequentes. Da mesma forma, a taxa de consumo de recursos naturais nos próximos anos terá influência sobre a quantidade de capital-lastro que deve ser mantida e a quantidade de recursos naturais deixados na terra. O capital existente e os recursos naturais disponíveis atuarão então um sobre o outro, para determinar a oferta e a procura futuras de recursos naturais.

As cinco quantidades básicas ou níveis — população, capital, alimentos, recursos naturais não-renováveis

e poluição — juntam-se ainda outras inter-relações e ciclos de realimentação que ainda não examinamos. É claro que não é possível avaliar o futuro, a longo prazo, de qualquer desses níveis, sem levar em conta todos os demais. Entretanto, mesmo esse sistema relativamente simples possui uma estrutura tão complicada, que não se pode compreender intuitivamente como ele se comportará no futuro, ou como uma mudança em uma variável poderá afetar, basicamente, cada uma das outras. Para ganhar tal compreensão, precisamos aprimorar nossas capacidades intuitivas, de maneira a podermos acompanhar simultaneamente o complexo comportamento correlacionado de muitas variáveis.

Neste capítulo descrevemos o modelo mundial formal, de que nos servimos como um primeiro passo para a compreensão deste complexo sistema mundial. O modelo é simplesmente uma tentativa de reunir a grande quantidade de conhecimentos já existentes sobre as relações de causa e efeito, entre os cinco níveis mencionados anteriormente, e expressar esse conhecimento em termos de ciclos de realimentação que se engrenam. Uma vez que o modelo mundial é tão importante para a compreensão das causas e dos limites do crescimento no sistema mundial, explicaremos com alguns detalhes o processo de sua construção.

Na construção do modelo, seguimos quatro passos principais*:

1. Primeiro enumeramos as importantes relações causais entre os cinco níveis e delineamos a estrutura do ciclo de realimentação. Para isso, consultamos a documentação existente e especialistas em muitos campos de estudo ligados a áreas de interesse, tais como demografia, economia, agronomia, nutrição, geologia e ecologia. Nosso objetivo nesse primeiro passo foi encontrar a estrutura mais básica que pudesse refletir as principais interações entre os cinco níveis. Raciocinamos que requintes, refletindo conhecimento mais detalhado, poderiam ser acrescentados a essa estrutura básica, depois que o sistema simples fosse compreendido.

(*) Uma descrição completa destes passos, ocupando centenas de páginas, será incluída em nosso relatório técnico. Um relato do primeiro passo, estabelecendo a estrutura do ciclo de realimentação pode ser encontrado em *World Dynamics* de Jay W. Forrester.

2. Quantificamos então cada relação o mais exatamente possível, usando dados globais, onde eram disponíveis, e dados locais característicos, onde cálculos globais não tinham sido feitos.

3. Com o computador calculamos a ação simultânea de todas essas relações sobre o tempo. Analisamos então o efeito de mudanças numéricas nas hipóteses básicas, para encontrar as determinantes mais críticas do comportamento do sistema.

4. Finalmente, pusemos à prova o efeito, sobre o sistema global, das diversas condutas que estão sendo propostas atualmente para acentuar, ou modificar, o comportamento do sistema.

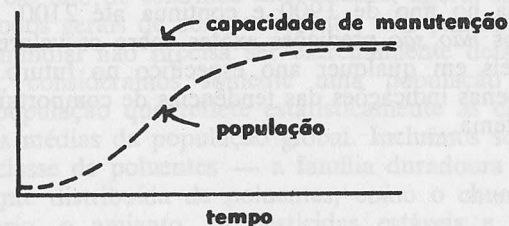
Essas fases não foram necessariamente seguidas em série, porque muitas vezes novas informações vindas de uma fase posterior levavam-nos a alterar a estrutura básica do ciclo de realimentação. Não existe um modelo mundial inflexível; existe, ao contrário, um modelo em evolução, o qual é continuamente criticado e atualizado, à medida que nossa própria compreensão aumenta.

Segue um sumário do modelo em discussão, suas finalidades e limitações, os mais importantes ciclos de realimentação que ele contém, e nosso método geral para a quantificação de relações causais.

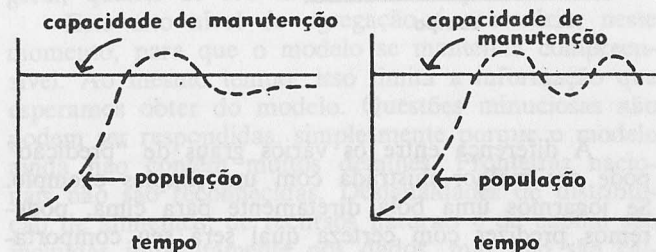
① objetivo do modelo mundial

Neste primeiro modelo mundial simples, estamos interessados apenas nos modos gerais de comportamento do sistema população-capital. Chamamos de *modos de comportamento* as tendências que as variáveis no sistema (população ou poluição, por exemplo) têm para modificar-se com o passar do tempo. Uma variável pode crescer, decrescer, permanecer constante, oscilar, ou combinar vários desses modos característicos. Por exemplo, uma população crescendo num ambiente limitado pode aproximar-se de várias maneiras possíveis da capacidade máxima de manutenção desse meio ambiente. Ela pode ajustar-se suavemente a um equilíbrio abaixo do limite ambiental, por meio de uma redução

gradativa na taxa de crescimento, como se vê abaixo. Pode ultrapassar o limite, e depois regredir novamente, ou de uma maneira suave, ou então oscilatória, como



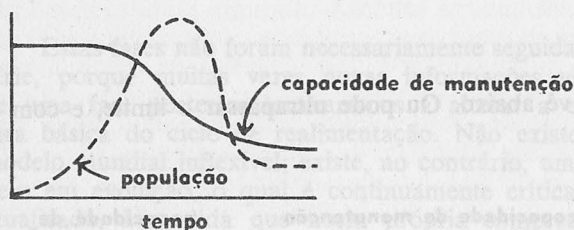
se vê abaixo. Ou pode ultrapassar o limite, e com isso



reduzir a capacidade máxima de manutenção, pelo consumo de algum recurso natural necessário, não-renovável, como é esquematizado abaixo. Esse comportamento tem sido observado em muitos sistemas naturais. Por exemplo, os cervos ou as cabras, na ausência de inimigos naturais, muitas vezes usam demais as pastagens, e causam erosão ou destruição da vegetação²⁸.

Um objetivo fundamental na construção do modelo mundial foi determinar qual desses modos de comportamento será mais característico do sistema mundial, no momento em que ele atingir os limites de cres-

cimento. Esse processo de determinação dos modos de comportamento pode ser considerado como “predição”, somente no sentido mais restrito da palavra. Os gráficos sobre rendimento reproduzidos mais adiante neste livro mostram valores para a população mundial, o capital e outras variáveis, numa escala de tempo que começa no ano de 1900 e continua até 2100. Esses gráficos *não são* predições exatas sobre os valores das variáveis em qualquer ano específico no futuro. Eles são apenas indicações das tendências de comportamento do sistema.



A diferença entre os vários graus de “predição” pode ser melhor ilustrada com um simples exemplo. Se jogarmos uma bola diretamente para cima, poderemos prever com certeza qual será seu comportamento geral. Ela subirá em velocidade decrescente, para depois mudar de direção e cair em velocidade crescente, até atingir o solo. Sabemos que ela não continuará a subir para sempre, nem entrará na órbita da terra, nem dará três voltas antes de aterissar. É esse tipo de conhecimento elementar dos modos de comportamento que estamos procurando ganhar com o presente modelo mundial. Se quiséssemos prever com exatidão a que altura subiria uma bola lançada ao ar, ou exatamente onde e quando ela atingiria o solo, seria necessário fazermos um cálculo detalhado baseado em informações precisas sobre a bola, a atitude, o vento e a força do arremesso inicial. Do mesmo modo, se quiséssemos prever com alguma precisão o tamanho

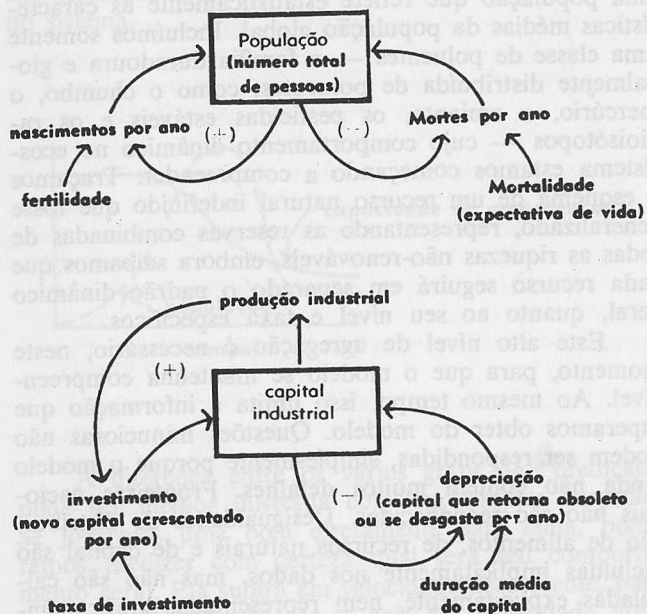
da população da terra em 1993, precisaríamos de um modelo muito mais complexo do que o apresentado aqui. Também precisaríamos de informações sobre o sistema mundial, mais precisas e completas do que as atualmente disponíveis.

Pelo fato de estarmos interessados, agora, somente em modos gerais de comportamento, este primeiro modelo mundial não precisa ser extremamente detalhado. Assim, consideramos somente uma população geral, uma população que reflete estatisticamente as características médias da população global. Incluímos somente uma classe de poluentes — a família duradoura e globalmente distribuída de poluentes, como o chumbo, o mercúrio, o amianto, os pesticidas estáveis e os radioisótopos — cujo comportamento dinâmico no ecossistema estamos começando a compreender. Traçamos o esquema de um recurso natural indefinido que fosse generalizado, representando as reservas combinadas de todas as riquezas não-renováveis, embora saibamos que cada recurso seguirá em separado o padrão dinâmico geral, quanto ao seu nível e taxa específicos.

Este alto nível de agregação é necessário, neste momento, para que o modelo se mantenha compreensível. Ao mesmo tempo, isso limita a informação que podemos obter do modelo. Questões minuciosas não podem ser respondidas, simplesmente porque o modelo ainda não contém muitos detalhes. Fronteiras nacionais não são reconhecidas. Desigualdades de distribuição de alimentos, de recursos naturais e de capital são incluídas implicitamente nos dados, mas não são calculadas explicitamente, nem representadas graficamente no rendimento. Os balanços de comércio mundial, os padrões de migração, as determinantes climáticas e os processos políticos não são tratados especificamente. Outros modelos podem ser construídos, e esperamos que o sejam, para tornar mais claro o comportamento desses importantes subsistemas*.

O que nos pode ensinar um modelo tão altamente agregado? Podem seus rendimentos ser considerados significativos? Em termos de predições exatas, o rendimento não é significativo. Não podemos prever a po-

(*) Nós mesmos construímos numerosos submodelos no decorrer deste estudo para investigar as dinâmicas detalhadas subjacentes em cada setor do modelo mundial. Uma lista desses estudos está incluída no apêndice.



23. CICLOS DE REALIMENTAÇÃO DO CRESCIMENTO DE POPULAÇÃO E DE CAPITAL

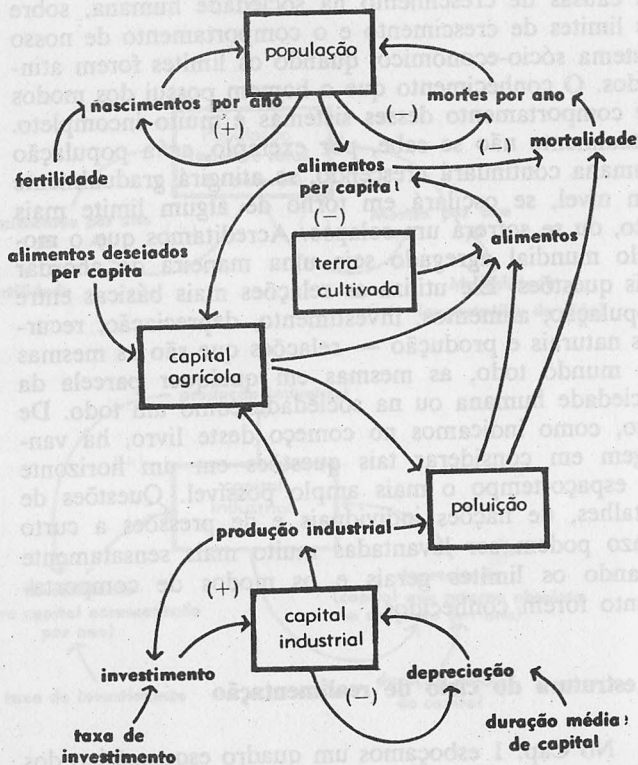
Os ciclos centrais de realimentação do modelo mundial controlam o crescimento da população e do capital industrial. Os dois ciclos positivos que acarretam nascimento e investimento geram o comportamento de crescimento exponencial da população e do capital. Os dois ciclos negativos que acarretam mortes e depreciação tendem a regular esse crescimento exponencial. A força relativa dos vários ciclos depende de muitos outros fatores no sistema mundial.

pulação exata dos Estados Unidos ou o PNB do Brasil, nem mesmo a produção mundial total de alimentos para o ano 2015. Os dados de que dispomos não são certamente suficientes para tais prognósticos, mesmo se o nosso objetivo fosse fazê-los. Por outro lado, é de vital importância adquirir alguma compreensão sobre as causas de crescimento na sociedade humana, sobre os limites de crescimento e o comportamento de nosso sistema sócio-econômico, quando os limites forem atingidos. O conhecimento que o homem possui dos modos de comportamento desses sistemas é muito incompleto. Atualmente não se sabe, por exemplo, se a população humana continuará crescendo, se atingirá gradualmente um nível, se oscilará em torno de algum limite mais alto, ou se sofrerá um colapso. Acreditamos que o modelo mundial agregado seja uma maneira de abordar tais questões. Ele utiliza as relações mais básicas entre população, alimentos, investimento, depreciação, recursos naturais e produção — relações que são as mesmas no mundo todo, as mesmas em qualquer parcela da sociedade humana ou na sociedade como um todo. De fato, como indicamos no começo deste livro, há vantagem em considerar tais questões em um horizonte de espaço-tempo o mais amplo possível. Questões de detalhes, de nações individuais e de pressões a curto prazo podem ser levantadas muito mais sensatamente quando os limites gerais e os modos de comportamento forem conhecidos.

A estrutura do ciclo de realimentação

No Cap. 1 esboçamos um quadro esquemático dos ciclos de realimentação causadores do crescimento da população e do capital. Eles são reproduzidos, juntos, na Fig. 23.

Uma revisão dos relacionamentos esboçados na Fig. 23 pode ser útil. Anualmente a população aumenta com o número total de nascimentos, e diminui com o número total das mortes que ocorreram durante aquele ano. O número absoluto de nascimentos por ano é uma função da fertilidade média e do tamanho da população. O número de mortes está relacionado com a mortalidade média e o tamanho total da população. Se



24. CICLOS DE REALIMENTAÇÃO DE POPULAÇÃO, CAPITAL, PRODUÇÃO AGRÍCOLA E POLUIÇÃO

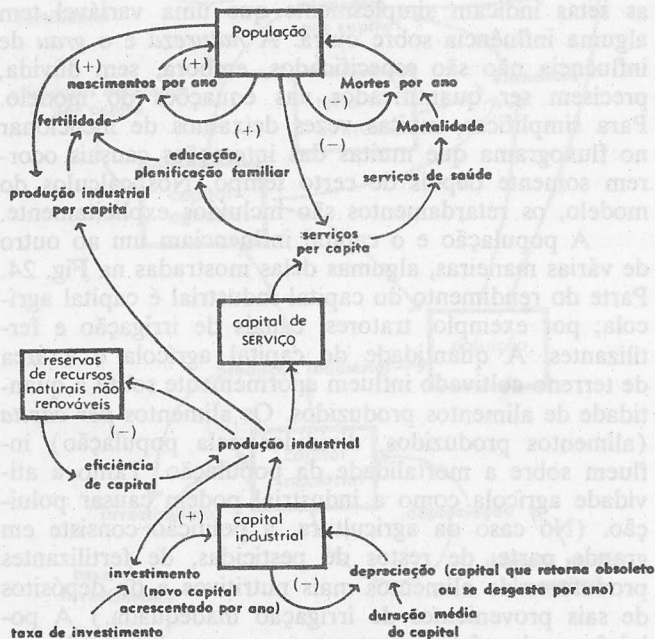
Algumas das interconexões da população e o capital industrial operam através do capital agrícola, da terra cultivada e da poluição. Cada seta indica a relação causal que pode ser imediata ou demorada, grande ou pequena, positiva ou negativa, dependendo das hipóteses incluídas no processo de cada modelo.

os nascimentos excederem as mortes, a população crescerá. Do mesmo modo, uma determinada quantia de capital industrial, operando com eficiência constante, será capaz de apresentar, anualmente, uma certa quantia de rendimento. Parte desse rendimento se transformará em mais fábricas, máquinas etc., que representam investimentos para aumentar o estoque de bens de capital. Ao mesmo tempo, parte do equipamento-capital depreciará ou será descartado cada ano. Para manter o capital industrial em crescimento, a taxa de investimento deve exceder a taxa de depreciação.

Em todos os nossos fluxogramas, como a Fig. 23, as setas indicam simplesmente que uma variável tem alguma influência sobre outra. A natureza e o grau de influência não são especificados, embora, sem dúvida, precisem ser quantificados nas equações do modelo. Para simplificar, muitas vezes deixamos de mencionar no fluxograma que muitas das interações causais ocorrem somente depois de certo tempo. Nos cálculos do modelo, os retardamentos são incluídos explicitamente.

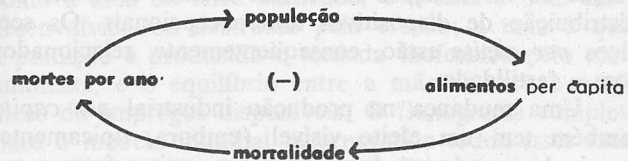
A população e o capital influenciam um ao outro de várias maneiras, algumas delas mostradas na Fig. 24. Parte do rendimento do capital industrial é capital agrícola; por exemplo, tratores, canais de irrigação e fertilizantes. A quantidade de capital agrícola e a área de terreno cultivado influem enormemente sobre a quantidade de alimentos produzidos. Os alimentos *per capita* (alimentos produzidos, divididos pela população) influem sobre a mortalidade da população. Tanto a atividade agrícola como a industrial podem causar poluição. (No caso da agricultura, a poluição consiste em grande parte, de restos de pesticidas, de fertilizantes produtores de alimentos mais nutritivos e de depósitos de sais provenientes de irrigação inadequada.) A poluição pode afetar diretamente a mortalidade da população e pode fazê-lo também indiretamente pela diminuição da produção agrícola²⁹.

Há vários ciclos de realimentação importantes na Fig. 24. Se tudo o mais no sistema permanecesse o mesmo, um aumento na população diminuiria os alimentos *per capita*, e assim aumentaria a mortalidade, aumentaria o número de mortes, e provocaria, finalmente, um decréscimo na população. Esse ciclo negativo de realimentação é esboçado abaixo.

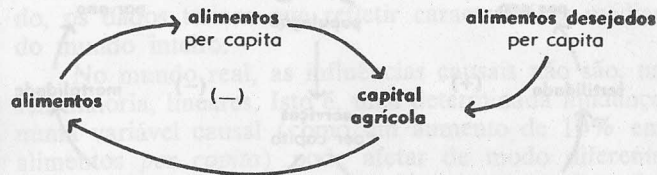


25. CICLOS DE REALIMENTAÇÃO DA POPULAÇÃO, CAPITAL, SERVIÇOS E RESERVAS NATURAIS

A população e o capital industrial são também influenciados pelos níveis do capital de serviço (tais como serviços de educação e saúde) e pelas reservas de recursos naturais não-renováveis.



Um outro ciclo negativo de realimentação (mostrado abaixo) tende a contrabalançar o que já foi mostrado acima. Se os alimentos *per capita* caem até um valor inferior ao desejado pela população, haverá uma tendência para aumentar o capital agrícola, de forma que a produção futura de alimentos, e de alimento *per capita*, possam aumentar.



Outras relações importantes no modelo mundial são ilustradas na Fig. 25. São relações que lidam com população, capital industrial, capital de serviço e recursos naturais.

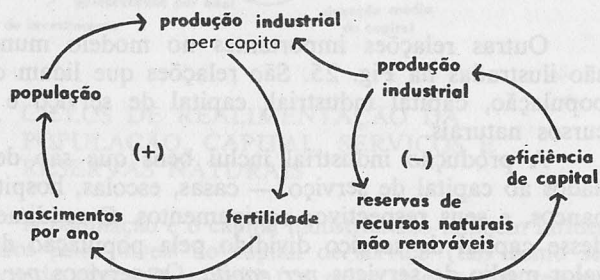
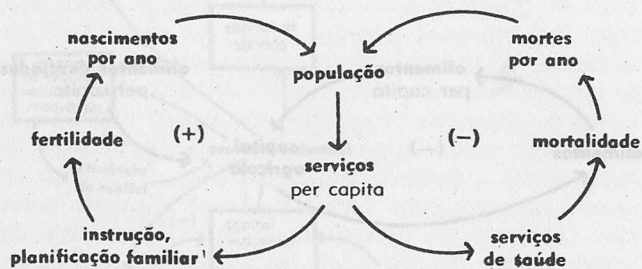
A produção industrial inclui bens que são destinados ao capital de serviço — casas, escolas, hospitais, bancos, e seus respectivos equipamentos. O rendimento desse capital de serviço dividido pela população dá o valor médio de serviços *per capita*. Os serviços *per capita* influem na qualidade dos serviços de saúde, e con-

seqüentemente na mortalidade da população. Os serviços incluem também instrução e pesquisas sobre métodos de controle da natalidade, bem como a distribuição de informações sobre esse mesmo controle, e a distribuição de dispositivos anticoncepcionais. Os serviços *per capita* estão, conseqüentemente, relacionados com a fertilidade.

Uma mudança na produção industrial *per capita* também tem um efeito visível (embora, tipicamente, depois de uma longa demora) sobre muitos fatores sociais que influem sobre a fertilidade.

Cada unidade de produção industrial consome uma parte dos recursos naturais não-renováveis. À medida que os recursos naturais diminuem gradualmente, mais capital se torna necessário para extrair da terra a mesma quantidade de matéria-prima, diminuindo, conseqüentemente, o rendimento do capital (isto é, mais capital se faz necessário para produzir uma dada quantidade de mercadorias acabadas).

Os ciclos de realimentação importantes na Fig. 25 são mostrados abaixo.

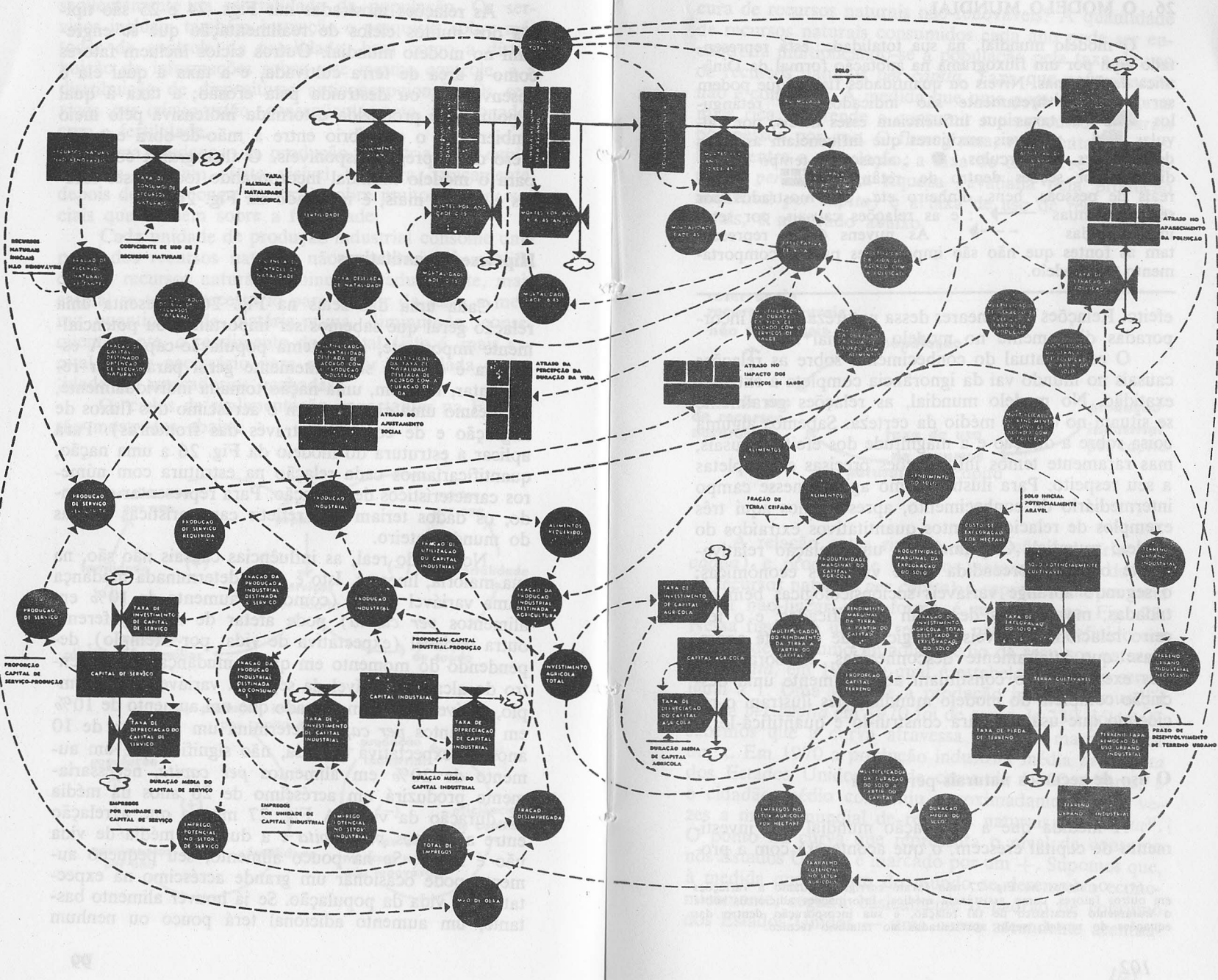


As relações mostradas nas Figs. 24 e 25 são típicas dos muitos ciclos de realimentação que se engrenam no modelo mundial. Outros ciclos incluem fatores como a área de terra cultivada, e a taxa à qual ela é desenvolvida ou destruída pela erosão; a taxa à qual a poluição é produzida e tornada inofensiva pelo meio ambiente, e o equilíbrio entre a mão-de-obra e o número de empregos disponíveis. O fluxograma completo para o modelo mundial incorporando todos esses fatores e outros mais, é mostrado na Fig. 26.

Hipóteses quantitativas

Cada uma das setas na Fig. 26 representa uma relação geral que sabemos ser importante, ou potencialmente importante, no sistema população-capital. A estrutura é de fato suficientemente geral para poder representar, também, uma nação tomada individualmente, ou mesmo uma cidade (com o acréscimo dos fluxos de migração e de comércio através das fronteiras). Para aplicar a estrutura do modelo da Fig. 26 a uma nação, quantificaríamos cada relação na estrutura com números característicos dessa nação. Para representar o mundo, os dados teriam que refletir características médias do mundo inteiro.

No mundo real, as influências causais não são, na sua maioria, lineares. Isto é, uma determinada mudança numa variável causal (como um aumento de 10% em alimentos *per capita*) pode afetar de modo diferente outra variável (expectativa de vida, por exemplo), dependendo do momento em que a mudança ocorre dentro do alcance possível da segunda variável. Por exemplo, se tiver sido demonstrado que um aumento de 10% em alimentos *per capita* determina um aumento de 10 anos na expectativa de vida, não significa que um aumento de 20% em alimentos *per capita*, necessariamente produzirá um acréscimo de 20 anos na média da duração da vida. A Fig. 27 mostra que a relação entre alimentos *per capita* e a duração média de vida não é linear. Se há pouco alimento, seu pequeno aumento pode ocasionar um grande acréscimo na expectativa de vida da população. Se já houver alimento bastante, um aumento adicional terá pouco ou nenhum



26. O MODELO MUNDIAL

O modelo mundial, na sua totalidade, está representado aqui por um fluxograma na anotação formal da Dinâmica de Sistemas. Níveis ou quantidades físicas que podem ser medidos diretamente são indicados por retângulos ■; as taxas que influenciam esses níveis, por válvulas ▮; variáveis auxiliares que influenciam as taxas de equações, por círculos ●; atrasos de tempo são indicados por seções dentro de retângulos ▭; fluxos reais de pessoas, bens, dinheiro etc., são mostrados por setas contínuas →; e as relações causais, por setas interrompidas ---→. As nuvens ☁ representam as fontes que não são importantes para o comportamento do modelo.

efeito. Relações não lineares dessa natureza foram incorporadas diretamente no modelo mundial*.

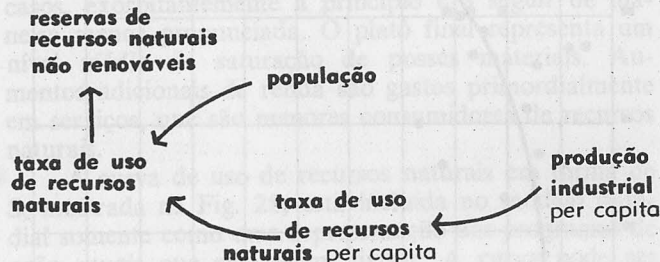
O estado atual do conhecimento sobre as relações causais no mundo vai da ignorância completa à extrema exatidão. No modelo mundial, as relações geralmente se situam no campo médio da certeza. Sabemos alguma coisa sobre a direção e a magnitude dos efeitos causais, mas raramente temos informações precisas e completas a seu respeito. Para ilustrar como agimos nesse campo intermediário de conhecimento, apresentamos aqui três exemplos de relacionamentos quantitativos extraídos do modelo mundial. O primeiro é uma relação relativamente bem compreendida entre variáveis econômicas; o segundo abrange variáveis sociopsicológicas bem estudadas, mas difíceis de serem quantificadas; e o terceiro relaciona variáveis biológicas que são, até agora, quase que inteiramente desconhecidas. Embora esses três exemplos não constituam absolutamente uma descrição completa do modelo mundial, eles ilustram o raciocínio que usamos para construí-lo e quantificá-lo.

O uso de recursos naturais per capita

À medida que a população mundial e o investimento de capital crescem, o que acontecerá com a pro-

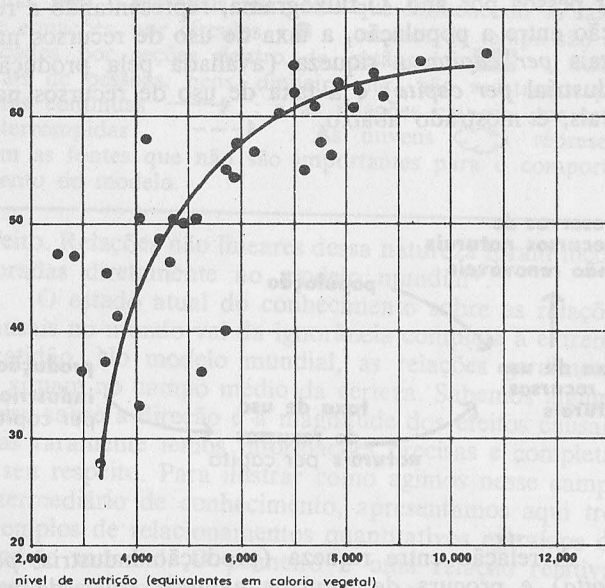
(*) Os dados na Fig. 27 não foram corrigidos quanto a variações em outros fatores, como assistência médica. Informações adicionais sobre o tratamento estatístico de tal relação, e sua incorporação dentro das equações do modelo serão apresentadas no relatório técnico.

cura de recursos naturais não-renováveis? A quantidade de recursos naturais consumidos cada ano pode ser encontrada multiplicando-se a população pela taxa de uso de recursos naturais *per capita*. Taxa que naturalmente não é constante. À medida que uma população se torna mais rica, ela tende a consumir mais recursos naturais por pessoa por ano. O fluxograma, representando a relação entre a população, a taxa de uso de recursos naturais *per capita*, a riqueza (avaliada pela produção industrial *per capita*) e a taxa de uso de recursos naturais, é mostrado abaixo.



A relação entre riqueza (produção industrial *per capita*) e procura de recursos naturais (taxa de uso de recursos naturais *per capita*) é representada por uma curva não-linear cuja forma é mostrada na Fig. 28. Nessa figura, o uso de recursos naturais é definido em termos de consumo mundial médio de recursos naturais *per capita*, em 1970, o qual é estabelecido como sendo igual a 1. Uma vez que a produção industrial mundial média *per capita* em 1970 foi de cerca de 230 dólares³⁰, sabemos que a curva atravessa o ponto marcado por um x. Em 1970 a produção industrial média *per capita* dos Estados Unidos foi de cerca de 1 600 dólares, e o cidadão médio consumiu aproximadamente sete vezes a média mundial de recursos naturais *per capita*³¹. O ponto na curva que representa o nível de consumo nos Estados Unidos é marcado por um +. Supomos que, à medida que o resto do mundo se desenvolva economicamente, seguirá basicamente o padrão de consumo dos Estados Unidos — uma curva ascendente acentua-

Expectativa de vida para os homens



27. NUTRIÇÃO E EXPECTATIVA DE VIDA

A expectativa de vida de uma população é uma função não-linear da nutrição que a população recebe. Neste gráfico, o nível de nutrição é dado em equivalentes de calorias vegetais. As calorias provenientes de fontes animais, tais como carne ou leite, são multiplicadas por um fator de conversão (aproximadamente 7, porque são necessárias cerca de 7 calorias de origem vegetal para produzir uma caloria de origem animal). Como os alimentos de origem animal são de maior valor na manutenção da vida humana, essa medida leva em consideração tanto a quantidade como a qualidade de alimentos. Cada ponto no gráfico representa a expectativa média de vida e o nível de nutrição de uma nação em 1953.

FONTE: CÉPÈDE, M.; HOUTART, F. & GROND, L. *Population and Food*. New York, Sheed and Ward, 1964.

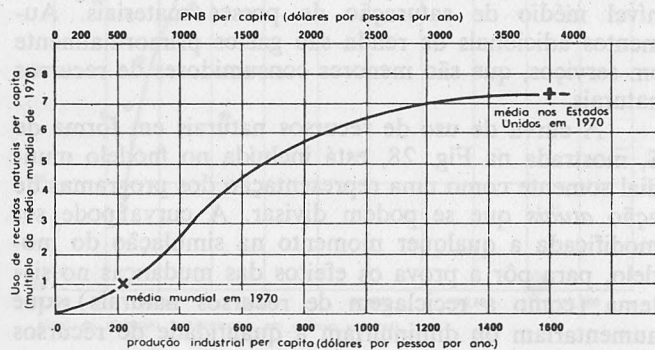
da à medida que a produção *per capita* cresce, seguida por um nivelamento. Uma justificativa para essa suposição pode ser encontrada no atual padrão de consumo mundial de aço (v. Fig. 29). Embora haja alguma variação entre a curva de consumo de aço e a curva geral da Fig. 28, o padrão global é uniforme, mesmo quando consideradas as diferentes estruturas econômicas e políticas representadas pelas várias nações.

A evidência adicional para a forma geral da curva de consumo de recursos naturais é mostrada pela história do consumo de aço e cobre nos Estados Unidos, traçada na Fig. 30. Como a renda média individual cresceu, o uso de recursos naturais cresceu em ambos os casos, exorbitantemente a princípio e a seguir de maneira menos pronunciada. O platô final representa um nível médio de saturação de posses materiais. Aumentos adicionais de renda são gastos primordialmente em serviços, que são menores consumidores de recursos naturais.

A curva de uso de recursos naturais em forma de S, mostrada na Fig. 28, está incluída no modelo mundial somente como uma representação dos programas de ação *atuais* que se podem divisar. A curva pode ser modificada a qualquer momento na simulação do modelo, para pôr a prova os efeitos das mudanças no sistema (como a reciclagem de recursos naturais), que aumentariam ou diminuiriam a quantidade de recursos naturais não-renováveis, consumidos por cada pessoa. As tiragens-modelo reais no computador, que mais tarde serão mostradas neste livro, ilustrarão os efeitos de tal conduta.

Taxa de natalidade desejada

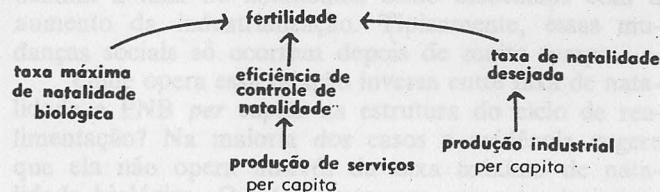
O número de nascimentos por ano em qualquer população é igual ao número de mulheres em idade de reprodução, multiplicado pela fertilidade média (número médio de nascimentos por mulher, anualmente). Pode haver muitos fatores que influenciam a fertilidade de uma população. De fato, o estudo das determinantes de fertilidade é uma ocupação importante de muitos demógrafos no mundo todo. No modelo mundial, identificamos três componentes importantes de fertilidade —



28. PRODUÇÃO INDUSTRIAL PER CAPITA E O USO DE RESERVAS NATURAIS

A relação-modelo admitida entre os recursos naturais consumidos por pessoa e a produção industrial por pessoa tem a forma de S. Nas sociedades não-industrializadas, o consumo de recursos naturais é muito baixo, pois a maior parte da produção é agrícola. À medida que a industrialização aumenta, o consumo de recursos naturais aumenta sensivelmente, e então se nivela a uma taxa de consumo muito alta; o ponto X indica a taxa média mundial de consumo de recursos naturais em 1970; o ponto + indica a média de consumo nos Estados Unidos em 1970. As duas escalas horizontais dão a relação do consumo de recursos naturais em termos de produção industrial e PNB *per capita*.

taxa máxima de natalidade biológica, efetividade do controle de natalidade e taxa desejada de natalidade. A relação entre as três componentes e a fertilidade é expressa no diagrama abaixo.

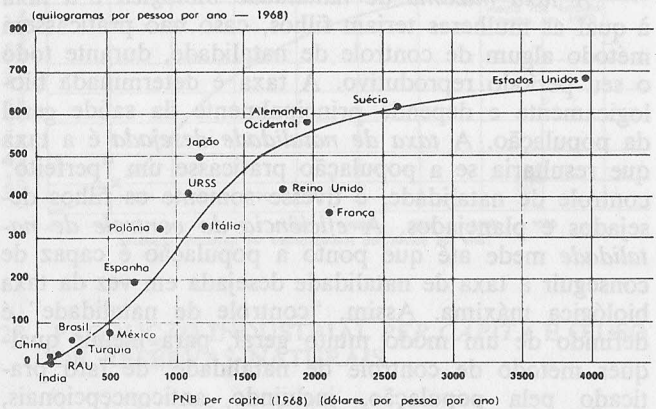
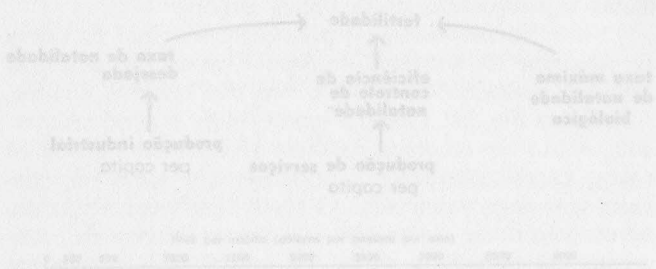


A taxa máxima de natalidade biológica é a taxa à qual as mulheres teriam filhos, caso não praticassem método algum de controle de natalidade, durante todo o seu período reprodutivo. A taxa é determinada biologicamente e depende principalmente da saúde geral da população. A taxa de natalidade desejada é a taxa que resultaria se a população praticasse um “perfeito” controle de natalidade, e tivesse somente os filhos desejados e planejados. A eficiência do controle de natalidade mede até que ponto a população é capaz de conseguir a taxa de natalidade desejada em vez da taxa biológica máxima. Assim, “controle de natalidade” é definido de um modo muito geral, para incluir qualquer método de controle de natalidade, de fato praticado pela população, incluindo anticoncepcionais, aborto e abstinência sexual. Deve-se ressaltar que uma eficiência perfeita de controle de natalidade não implica baixa fertilidade. Se a taxa de natalidade desejada for alta, a fertilidade também será alta.

Os três fatores que influem na fertilidade são, por sua vez, influenciados por outros fatores no sistema mundial. A Fig. 31 sugere que a industrialização pode ser um dos mais importantes desses fatores.

A relação entre as taxas brutas de natalidade e o PNB *per capita*, de todas as nações no mundo, segue um padrão surpreendentemente regular. Em geral, à

taxa máxima de natalidade biológica, o controle de natalidade e taxa desejada de natalidade. A relação entre as três componentes e a fertilidade é expressa no diagrama abaixo.



29. CONSUMO MUNDIAL DE AÇO E PNB PER CAPITA

Em 1968 o consumo de aço por pessoa, em várias nações do mundo, segue o padrão geral em forma de S, mostrado na Fig. 28.

FONTE: Para o consumo de aço, UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1969*, New York, United Nations, 1970. Para PNB per capita, *World Bank Atlas*, Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development, 1970.

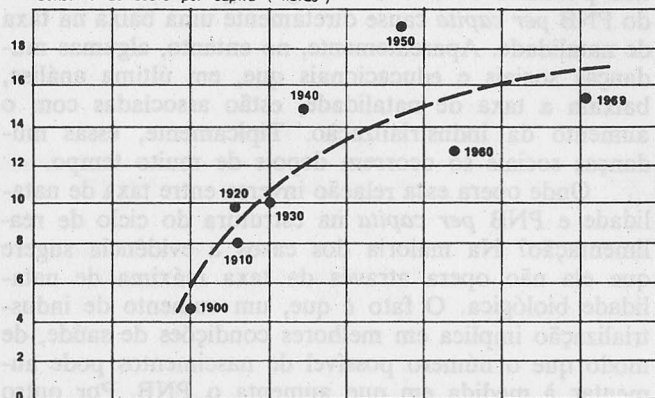
medida em que o PNB sobe, a taxa de natalidade cai. Isso parece ser verdadeiro apesar de diferenças nos fatores religiosos, culturais, ou políticos. Naturalmente, não podemos deduzir dessa figura que um crescimento do PNB per capita cause diretamente uma baixa na taxa de natalidade. Aparentemente, no entanto, algumas mudanças sociais e educacionais que, em última análise, baixam a taxa de natalidade, estão associadas com o aumento da industrialização. Tipicamente, essas mudanças sociais só ocorrem depois de muito tempo.

Onde opera essa relação inversa entre taxa de natalidade e PNB per capita na estrutura do ciclo de realimentação? Na maioria dos casos a evidência sugere que ela não opera através da taxa máxima de natalidade biológica. O fato é que, um aumento de industrialização implica em melhores condições de saúde, de modo que o número possível de nascimentos pode aumentar à medida em que aumenta o PNB. Por outro lado, a efetividade do controle de natalidade aumentaria também e este efeito certamente contribuiria para a diminuição dos nascimentos mostrada na Fig. 31. Sugerimos, no entanto, que o maior efeito do crescimento de PNB é sobre a taxa de natalidade *desejada*. A evidência para essa sugestão é mostrada na Fig. 32. A curva indica a percentagem dos participantes de um levantamento sobre planificação familiar, que manifestaram desejo de ter mais de quatro filhos, como uma função do PNB per capita. A forma geral da curva é semelhante à da Fig. 31, exceto pelo pequeno aumento no tamanho da família, desejado por aqueles com rendas maiores.

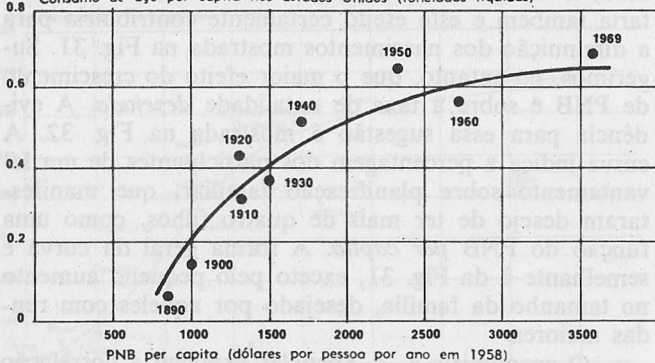
O economista J. J. Spengler explicou a correlação geral entre a taxa de natalidade desejada e a renda, em termos de mudanças econômicas e sociais que ocorrem durante o processo de industrialização³². Ele acredita que cada família, consciente ou inconscientemente, considera o valor e o custo de mais um filho em relação com os recursos de que dispõe para dedicar-se a ele. Como mostra a Fig. 33, esse processo resulta em uma atitude geral sobre o tamanho da família, que muda à medida que a renda aumenta.

O "valor" de uma criança inclui considerações monetárias como a contribuição que ela dá pelo seu trabalho na fazenda ou nos negócios da família, e a pos-

Consumo de cobre per capita (libras)



Consumo de aço per capita nos Estados Unidos (toneladas líquidas)



30. CONSUMO DE COBRE E DE AÇO NOS ESTADOS UNIDOS E PNB PER CAPITA

O consumo *per capita* de cobre e aço nos Estados Unidos passou por um período de rápido aumento, quando a produtividade total se elevou, seguindo-se um período de crescimento muito mais lento, depois que o consumo atingiu uma taxa relativamente alta.

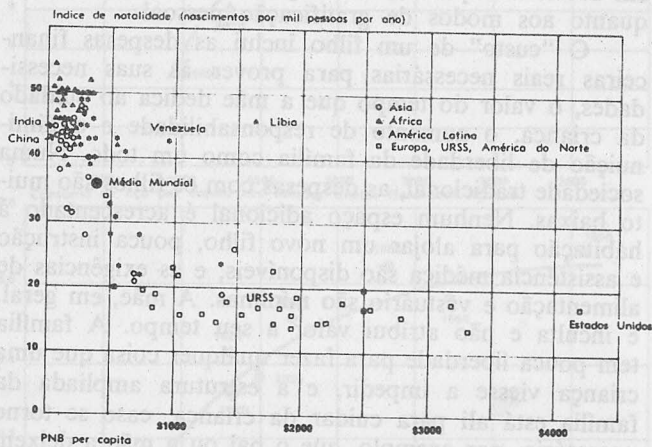
FONTE: Para o consumo de cobre e aço, *Metal Statistics*, Somerset N. J., American Metal Market Company, 1970. Para população histórica e PNB, US DEPARTMENT OF COMMERCE, *US Economic Growth*, Washington, DC, Government Printing Office, 1969.

sibilidade de virem os pais a depender da criança para seu sustento, quando a velhice chegar. À medida que um país se torna industrializado, as leis trabalhistas relacionadas com a criança, a instrução compulsória e as medidas de previdência social reduzem o valor monetário potencial de um filho. O “valor” também inclui os valores mais intangíveis de um filho como um objeto de amor, um continuador do nome da família, um herdeiro dos seus bens, e uma prova de masculinidade. Valores que tendem a ser importantes em qualquer sociedade, e assim a função de gratificação sempre tem um valor positivo. Ela é particularmente importante em sociedades pobres, onde quase não há alternativas quanto aos modos de gratificação pessoal.

O “custo” de um filho inclui as despesas financeiras reais necessárias para prover às suas necessidades, o valor do tempo que a mãe dedica ao cuidado da criança, o aumento de responsabilidade e a diminuição de liberdade da família como um todo. Numa sociedade tradicional, as despesas com os filhos são muito baixas. Nenhum espaço adicional é acrescentado à habitação para alojar um novo filho, pouca instrução e assistência médica são disponíveis, e as exigências de alimentação e vestuário são mínimas. A mãe, em geral, é inculta e não atribui valor a seu tempo. A família tem pouca liberdade para fazer qualquer coisa que uma criança viesse a impedir, e a estrutura ampliada da família está ali para cuidar da criança, caso se torne necessário, por exemplo, que o pai ou a mãe a deixem para buscar trabalho.

Contudo, à medida que a renda familiar aumenta, os filhos recebem mais do que os requisitos básicos de alimentação e vestuário. Eles recebem melhores cuidados médicos e de alojamento, e a instrução se torna ao mesmo tempo necessária e dispendiosa. Viagens, recreações, e opção de trabalho para a mãe tornam-se possibilidades incompatíveis com uma família numerosa. A estrutura da família extensa tende a desaparecer com a industrialização, e cuidados sucedâneos para a criança são dispendiosos.

Os “recursos” que uma família dispõe para aplicar a um filho geralmente aumentam com a renda. Quando a renda é muito alta, as curvas de valor e custo tornam-se quase invariáveis quando há aumentos adicio-



31. ÍNDICES DE NATALIDADE E PNB PER CAPITA

As taxas de natalidade nas nações do mundo mostram uma tendência regular de declínio, à medida que aumenta o PNB *per capita*. Mais da metade da população mundial está representada na margem superior esquerda do gráfico, onde o PNB *per capita* é inferior a 500 dólares por pessoa, por ano, variando as taxas de natalidade de 40 para 50 por mil pessoas, por ano. As duas exceções principais desta tendência, Venezuela e Líbia, são países exportadores de petróleo, onde o aumento de renda é bem recente e a sua distribuição por demais desigual.

FONTE: US AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. *Population Program Assistance*. Washington, DC, Government Printing Office, 1970.

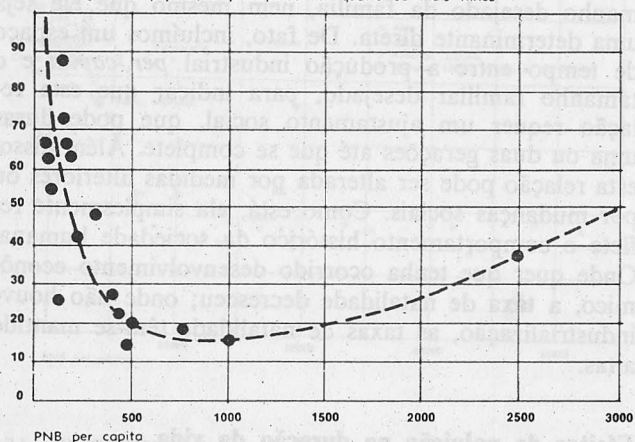
nais na renda, e a curva de recursos torna-se o fator dominante no complexo da taxa de natalidade desejada. Assim, em países ricos, como os Estados Unidos da América do Norte, o tamanho desejado da família torna-se uma função direta da renda. Deve-se notar que “recursos” constituem em parte, um conceito psicológico, visto que, no planejamento do tamanho da família, a renda real atual deve ser modificada por uma expectativa de renda futura.

Resumimos todos esses fatores sociais através de um elo, usando-se um ciclo de realimentação entre a produção industrial *per capita* e a taxa de natalidade desejada. A forma geral da relação é mostrada no lado direito da Fig. 33. Não queremos sugerir com isto que um aumento de renda seja a única determinante do tamanho desejado da família, nem mesmo que ele seja uma determinante direta. De fato, incluímos um espaço de tempo entre a produção industrial *per capita* e o tamanho familiar desejado, para indicar que esta relação requer um ajustamento social, que pode durar uma ou duas gerações até que se complete. Além disso, esta relação pode ser alterada por medidas ulteriores ou por mudanças sociais. Como está, ela simplesmente reflete o comportamento histórico da sociedade humana. Onde quer que tenha ocorrido desenvolvimento econômico, a taxa de natalidade decresceu; onde não houve industrialização, as taxas de natalidade têm-se mantido altas.

Efeitos da poluição na duração da vida

Incluímos no modelo mundial a possibilidade de a poluição vir a influir sobre a expectativa de vida da população mundial. Expressamos tal relação através de um “multiplicador de duração de vida derivado da poluição”, uma função que multiplica a expectativa de vida de outro modo indicada (de acordo com valores de alimentos e de serviços médicos) pela contribuição esperada da parte da poluição. Se a poluição fosse bastante grave para reduzir a expectativa de vida em 90% do seu valor, na ausência de poluição o multiplicador seria igual a 0,9. A relação entre a poluição e a expectativa de vida é esquematizada abaixo.

Percentagem da população planejando ter quatro ou mais filhos

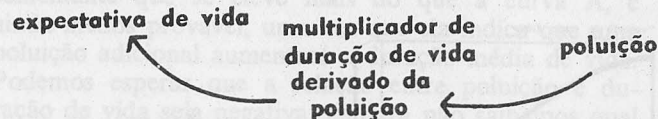


32. FAMÍLIAS QUE DESEJAM TER QUATRO OU MAIS FILHOS E PNB PER CAPITA

As pessoas que participaram de uma pesquisa sobre planificação familiar, em dezessete países diferentes, indicaram quantos filhos gostariam de ter. A percentagem dos entrevistados que desejam famílias numerosas (quatro filhos ou mais) mostra uma relação com o PNB médio *per capita*, comparável à tendência representada na Fig. 31.

FONTE: BERELSON, Bernard *et al.* *Family Planning and Population Programs*. Chicago, University of Chicago Press, 1965.

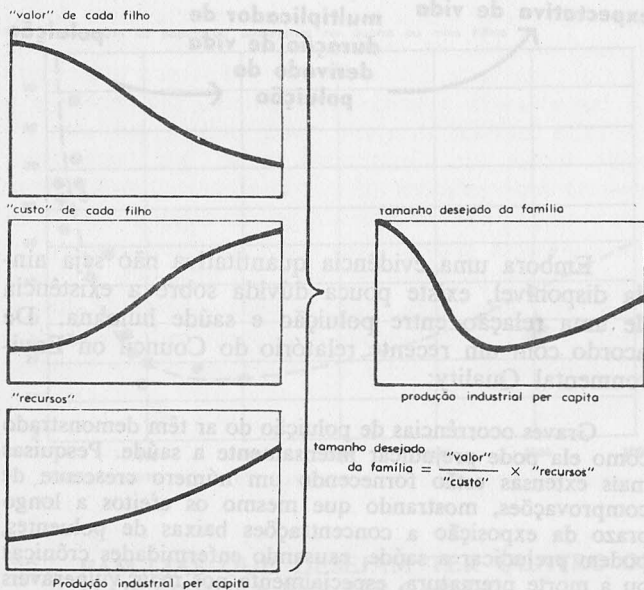
Os dados globais sobre o efeito da poluição na expectativa de vida são escassos. As informações sobre a toxicidade para o homem de poluentes específicos, como o mercúrio e o chumbo, estão aos poucos tornando-se disponíveis. Tentativas de relacionar estatisticamente uma dada concentração de poluente à mortalidade de uma população têm sido feitas somente no campo da poluição do ar³³.



Embora uma evidência quantitativa não seja ainda disponível, existe pouca dúvida sobre a existência de uma relação entre poluição e saúde humana. De acordo com um recente relatório do Council on Environmental Quality:

Graves ocorrências de poluição do ar têm demonstrado como ela pode prejudicar intensamente a saúde. Pesquisas mais extensas estão fornecendo um número crescente de comprovações, mostrando que mesmo os efeitos a longo prazo da exposição a concentrações baixas de poluentes, podem prejudicar a saúde, causando enfermidades crônicas ou a morte prematura, especialmente nos mais vulneráveis — os de idade avançada, e, naqueles que já sofrem de doenças respiratórias. Moléstias importantes ligadas à poluição do ar incluem enfisema, bronquite, asma e câncer pulmonar³⁴.

À medida que o atual nível de poluição global aumenta, que efeito terá isto na duração da vida humana? Não temos uma resposta precisa para esta pergunta, mas sabemos que haverá *algum* efeito. Erraríamos mais se omitíssemos, no modelo mundial, a influência da poluição sobre a expectativa de vida, do



33. TAMANHO DA FAMÍLIA QUE SE DESEJA TER

A representação esquemática das determinantes econômicas sobre o tamanho da família resulta de uma análise aproximada do custo-benefício. A curva resultante resume o equilíbrio entre o valor e o custo de filhos e os recursos disponíveis para a sua educação, todos como uma função do aumento da industrialização. Esta curva composta é semelhante às curvas nas Figs. 31 e 32.

que se a incluíssemos, usando nossas melhores conjecturas quanto à sua magnitude. O modo pelo qual chegamos à "melhor conjectura" está explicado abaixo, e ilustrado na Fig. 34.

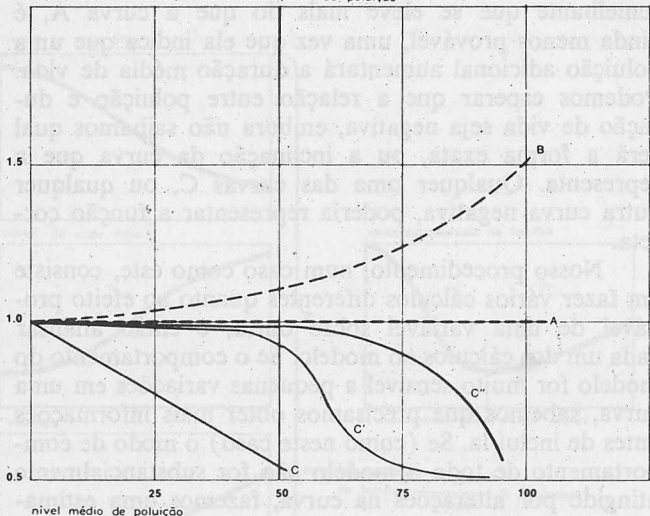
Se um aumento de poluição igual a 100 vezes o nível global atual não tivesse absolutamente nenhum efeito sobre a duração da vida, a linha reta A na Fig. 34 seria a representação correta da relação que procuramos. A sobrevivência média não teria relação com poluição. Naturalmente, a curva A é pouco provável, pois sabemos que muitas formas de poluição são prejudiciais ao corpo humano. A curva B, ou qualquer curva semelhante que se eleve mais do que a curva A, é ainda menos provável, uma vez que ela indica que uma poluição adicional aumentará a duração média de vida. Podemos esperar que a relação entre poluição e duração de vida seja negativa, embora não saibamos qual será a forma exata, ou a inclinação da curva que a representa. Qualquer uma das curvas C, ou qualquer outra curva negativa, poderia representar a função correta.

Nosso procedimento, num caso como este, consiste em fazer vários cálculos diferentes quanto ao efeito provável de uma variável sobre outra, e então analisar cada um dos cálculos no modelo. Se o comportamento do modelo for muito sensível a pequenas variações em uma curva, sabemos que precisamos obter mais informações antes de incluí-la. Se (como neste caso) o modo de comportamento de todo o modelo não for substancialmente atingido por alterações na curva, fazemos uma estimativa conservadora quanto à sua forma, e incluímos os valores correspondentes em nosso cálculo. Acreditamos que a curva C", na Fig. 34, seja a que retrata mais corretamente a relação entre expectativa de vida e poluição. Essa curva faz supor que, enquanto um aumento de 10 vezes na poluição global não tem quase nenhum efeito sobre a duração de vida, esta seria grandemente afetada, no caso de a poluição global ser multiplicada por um fator igual a 100.

A utilidade do modelo mundial

As relações discutidas acima abrangem somente três dos aproximadamente cem elos causais que com-

multiplicador da duração da vida a partir da poluição



34. O EFEITO DA POLUIÇÃO NA DURAÇÃO DA VIDA

A relação entre o nível de poluição e a duração média da vida humana produz muitas curvas diferentes. A curva A indica que a poluição não afeta a duração da vida (a expectativa normal de vida é multiplicada por 1,0). A curva B mostra um prolongamento na duração da vida, à medida que aumenta a poluição (a expectativa normal de vida é multiplicada por um número maior que 1,0). As curvas C, C' e C'' refletem hipóteses diferentes sobre os efeitos nocivos da poluição sobre a duração da vida. A relação usada no modelo mundial tem forma igual à da curva C".

põem o modelo mundial. Eles foram escolhidos para ser apresentados aqui como exemplos do tipo de dados informativos que submetemos à análise, e a maneira como o fizemos. Em muitos casos as informações disponíveis são incompletas. Não obstante, temos várias razões para acreditar que o modelo baseado nessas informações seja útil, mesmo nesta fase preliminar.

Primeiro, esperamos que, ao propormos cada relação como sendo uma hipótese, e acentuarmos sua importância no sistema mundial total, possamos dar origem a debates e pesquisas que, finalmente, irão aperfeiçoar os dados de que dispomos. Esta ênfase é especialmente importante nas áreas em que diferentes setores do modelo atuam uns sobre os outros (como a poluição e a duração da vida humana), onde a pesquisa interdisciplinar tornar-se-á necessária.

Segundo, mesmo na falta de melhores dados, as informações disponíveis no momento são suficientes para produzir modos básicos de comportamento, válidos para o sistema mundial. Isto é verdade, porque a estrutura do ciclo de realimentação do modelo é uma determinante muito mais significativa do comportamento geral do que os números exatos usados para quantificá-lo. Nem mesmo mudanças consideravelmente grandes nos dados fornecidos geralmente alteram o modo de comportamento, como veremos nas próximas páginas. Alterações numéricas podem afetar o período de uma oscilação, ou a taxa de crescimento, ou o momento de um colapso, mas não afetarão o fato de o modo básico ser ou oscilação, ou crescimento, ou colapso*.

Uma vez que pretendemos usar o modelo mundial somente para responder às questões sobre modos de comportamento, e não para fazer predições exatas, estamos, em primeiro lugar, preocupados com a correção da estrutura do ciclo de realimentação, e apenas secundariamente com a precisão dos dados. Naturalmente, quando começarmos a buscar conhecimentos mais detalhados a curto prazo, os números exatos se tornarão muito mais importantes.

(*) A importância da estrutura e não de números é um conceito muito difícil de apresentar, sem exemplos numerosos, provenientes da observação e da modelagem da Dinâmica de Sistemas. Para discussão adicional sobre este ponto, ver o Cap. 6 do livro de J. W. FORRESTER, *Urban Dynamics*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1969.

Terceiro, se os responsáveis pelas decisões em qualquer nível tivessem acesso a predições exatas e a análises cientificamente corretas de condutas alternativas, nós sem dúvida não nos preocuparíamos em construir ou publicar um modelo simulado, baseado em conhecimentos parciais. Infelizmente, não existe modelo perfeito disponível que possa ser usado, hoje, na avaliação das importantes questões sobre planos de ação. Neste momento, nossas únicas alternativas para um modelo como este, baseado em conhecimentos parciais, são modelos mentais, baseados na mistura de informação incompleta e intuição que, correntemente, fundamentam a maior parte das decisões políticas. Um modelo dinâmico lida com as mesmas informações incompletas de que dispõe um modelo intuitivo, mas permite a organização da informação obtida de muitas fontes variadas em uma estrutura de ciclo de realimentação que pode ser analisada com exatidão. Uma vez que todas as suposições estejam juntas e anotadas, elas podem ser expostas a crítica, e as respostas do sistema às alternativas de conduta podem ser testadas.

Comportamento do modelo mundial

Estamos agora, finalmente, em posição de considerar seriamente as questões que levantamos no início deste capítulo. À medida que o sistema mundial cresce em direção a seus limites máximos, qual será o seu modo de comportamento mais provável? À medida que as curvas de crescimento exponencial se nivelarem, que relações agora existentes sofrerão mudanças? Como ficará o mundo quando o crescimento terminar?

Naturalmente, há muitas respostas possíveis para essas perguntas. Examinaremos várias alternativas, cada uma subordinada a um conjunto diferente de suposições sobre a maneira como a sociedade humana irá responder a problemas surgidos dos vários limites de crescimento.

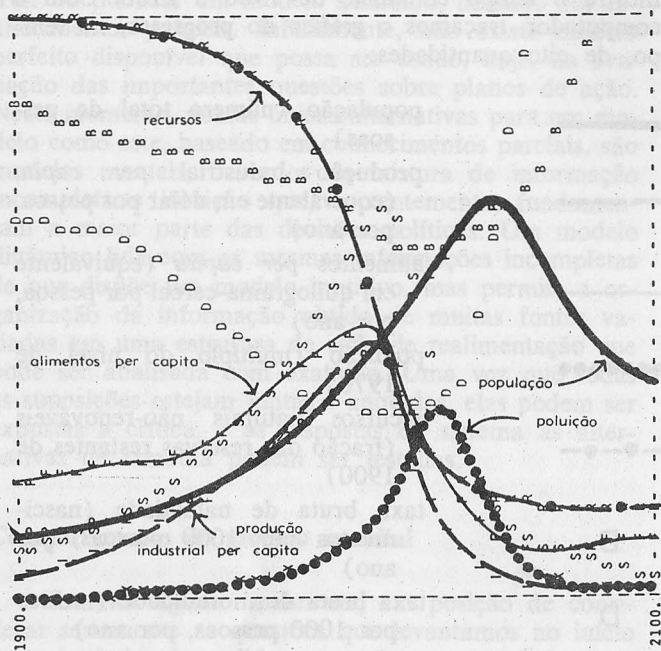
Vamos começar supondo que não haverá no futuro grandes mudanças nos valores humanos, nem no funcionamento do sistema global população-capital tal como ele vem funcionando nos últimos cem anos. Os resultados dessa suposição estão apresentados na Fig. 35.

Nós nos referiremos a esse resultado do computador como o "processamento-padrão" e usá-lo-emos para comparação com os processamentos baseados em outras suposições posteriores. A escala horizontal na Fig. 35 mostra o tempo em anos, de 1900 a 2100. Com o computador, traçamos o gráfico do progresso, no tempo, de oito quantidades:

—————	população (número total de pessoas)
- - - - -	produção industrial <i>per capita</i> (equivalente em dólar por pessoa, por ano)
—————	alimentos <i>per capita</i> (equivalente em quilograma-cereal por pessoa, por ano)
●●●●●●●●	poluição (múltiplo do nível de 1970)
—●—●—●—	recursos naturais não-renováveis (fração das reservas restantes de 1900)
B	taxa bruta de natalidade (nascimentos por 1000 pessoas, por ano)
D	taxa bruta de mortalidade (mortes por 1000 pessoas, por ano)
S	serviços <i>per capita</i> (equivalente em dólar, por pessoa, por ano).

Cada uma dessas variáveis é traçada em uma escala vertical diferente. Omitimos, deliberadamente, as escalas verticais, e fizemos a escala horizontal de tempo um pouco vaga, porque queremos acentuar os modos gerais de comportamento desses processamentos de computador, e não os valores numéricos, os quais só são conhecidos de maneira imprecisa. Contudo, as escalas são exatamente iguais em todos os processamentos apresentados aqui, podendo, assim, os resultados de diferentes processamentos ser comparados com facilidade.

Todos os níveis no modelo (população, capital, poluição etc.) começam com valores de 1900. De 1900 a 1970, as variáveis traçadas na Fig. 35 (e numerosas outras variáveis incluídas no modelo, mas não traçadas



35. PROCESSAMENTO-PADRÃO DO MODELO MUNDIAL

O processamento-“padrão” do modelo mundial supõe que não haja alterações importantes nas relações físicas, econômicas ou sociais que, historicamente, têm regido o desenvolvimento do sistema mundial. As variações traçadas aqui seguem os valores históricos de 1900 a 1970. Alimentos, produção industrial e população crescem exponencialmente até que a diminuição rápida de recursos force uma diminuição no crescimento industrial. Devido a atrasos naturais no sistema, tanto a população como a poluição continuam a crescer durante algum tempo, depois do apogeu da industrialização. O crescimento da população é, finalmente, interrompido por um aumento da taxa de natalidade, devido à diminuição de alimentos e de serviços médicos.

aqui) concordam geralmente com seus valores históricos, até onde os conhecemos. A população cresce de 1,6 bilhões em 1900 para 3,5 bilhões em 1970. Embora a taxa de natalidade decline gradualmente, a taxa de mortalidade cai mais rapidamente, especialmente depois de 1940, e a taxa de crescimento da população aumenta. A produção industrial, alimentos e serviços *per capita* aumentam exponencialmente. A base de recursos naturais em 1970 é ainda de cerca de 95% do seu valor em 1900, mas diminui espetacularmente daí em diante, à medida que a população e a produção industrial continuam a crescer.

O modo de comportamento do sistema mostrado na Fig. 35 é claramente de ultrapassagem de limites e de colapso. Nesse processamento, o colapso ocorre devido ao esgotamento de recursos naturais não-renováveis. O estoque de capital industrial cresce até um nível que requer uma enorme aplicação de recursos. No processo mesmo desse crescimento, uma grande fração das reservas de recursos naturais disponíveis é esgotada. À medida que os preços dos recursos naturais sobem, e as minas são exauridas, mais e mais capital tem que ser usado na obtenção de recursos, ficando menos para ser investido em crescimento futuro. Finalmente, o investimento não pode acompanhar a depreciação, e a base industrial rui, levando com ela os sistemas de serviço e de agricultura, os quais se tornaram dependentes dos fornecimentos industriais (como fertilizantes, pesticidas, laboratórios hospitalares, computadores, e especialmente energia para a mecanização). Durante um certo tempo a situação fica especialmente grave porque, devido a retardamentos inerentes à estrutura etária e ao processo de ajustamento social, a população continua aumentando. A população finalmente decresce, quando a taxa de mortalidade aumenta, devido à falta de alimentos e serviços sanitários.

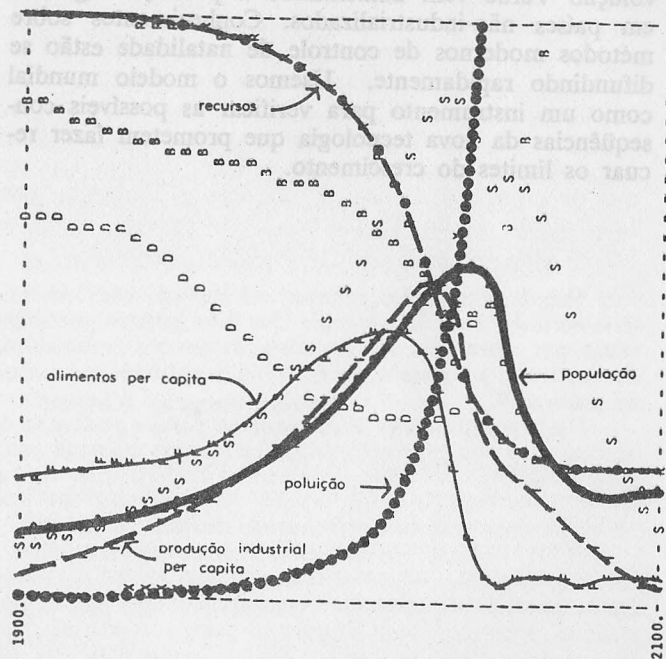
O momento exato desses acontecimentos não é significativo, por causa da grande agregação e das incertezas presentes no modelo. Contudo, é significativo o fato de o crescimento parar bem antes do ano 2100. Em cada caso duvidoso, tentamos fazer o cálculo mais otimista quanto às quantidades desconhecidas, e também não levamos em consideração acontecimentos descontínuos, como guerras e epidemias, que podem ter

influência no término do crescimento, até mais cedo do que o nosso modelo indica. Em outras palavras, o modelo é tendencioso, com o fito de permitir um crescimento até mais rápido do que o nosso modelo poderia indicar. Em outras palavras, o modelo é tendencioso com o fito de permitir a continuação do crescimento por mais tempo do que ele provavelmente poderia durar no mundo real. Assim, *podemos dizer com alguma confiança que, na hipótese de não haver mudança importante no sistema atual, certamente o crescimento industrial e da população cessarão no decorrer do próximo século, o mais tardar.*

O sistema mostrado na Fig. 35 entra em colapso devido a uma crise de recursos naturais. E se os nossos cálculos sobre o estoque global de recursos naturais estiverem errados? Na Fig. 35 fizemos a suposição de que em 1970 existia um suprimento de todos os recursos naturais para 250 anos, à taxa de consumo de 1970. A coluna do índice de reserva estática, da tabela de recursos naturais, no Cap. 2, afirmará que essa suposição é de fato otimista. Mas sejamos ainda mais otimistas, e admitamos que novas descobertas ou avanços tecnológicos possam *duplicar* a quantidade de recursos naturais economicamente acessíveis. Um processamento de computador, de acordo com aquela suposição, é mostrado na Fig. 36.

O modo de comportamento global na Fig. 36 — crescimento e colapso — é muito semelhante àquele no processamento-padrão. Nesse caso, a força principal que interrompe o crescimento é um súbito aumento no nível de poluição, causado por uma sobrecarga na capacidade natural de absorção do meio ambiente. A taxa de mortalidade cresce abruptamente por causa da poluição e da falta de alimentos. Ao mesmo tempo, os recursos naturais são severamente reduzidos, a despeito da duplicação da quantidade disponível, simplesmente porque mais uns poucos anos de crescimento exponencial da indústria são suficientes para consumir aqueles recursos extras.

Estará o futuro do sistema mundial fadado a ser crescimento, seguido de queda, numa existência melancólica e exaurida? Somente se fizermos a suposição inicial de que não será alterado o modo atual de fazermos as coisas. Temos bastante evidência quanto à



36. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS DUPLICADAS

Para verificar a hipótese do modelo sobre os recursos naturais disponíveis, duplicamos as reservas naturais existentes em 1900, conservando todas as outras hipóteses idênticas às do processamento-padrão. Agora, a industrialização pode atingir um nível mais alto, porque os recursos naturais não se esgotam com tanta rapidez. Contudo, o complexo industrial maior produz poluição a uma taxa tão alta que os mecanismos ambientais de absorção da mesma ficam saturados. A poluição cresce muito rapidamente, causando um aumento imediato na taxa de mortalidade e um declínio na produção de alimentos. No final do processamento, os recursos naturais se encontram severamente esgotados, apesar da quantidade duplicada que se tinha no início.

engenhosidade e a flexibilidade social da humanidade. Naturalmente, há muitas alterações prováveis no sistema, algumas das quais já estão ocorrendo. A Revolução Verde vem aumentando a produção agrícola em países não-industrializados. Conhecimentos sobre métodos modernos de controle de natalidade estão se difundindo rapidamente. Usemos o modelo mundial como um instrumento para verificar as possíveis conseqüências da nova tecnologia que prometem fazer recuar os limites do crescimento.

4

A TECNOLOGIA E OS LIMITES DO CRESCIMENTO

Para onde a sociedade está se dirigindo com seu progresso industrial? Quando o progresso cessar, em que condições deixará a humanidade?

JOHN STUART MILL, 1857

Embora a história do esforço humano contenha inúmeros incidentes que mostram o malogro da hu-

manidade para viver dentro de limites físicos, é o sucesso na superação desses limites que forma a tradição cultural de muitos povos que dominam o mundo de hoje. Nos últimos 300 anos a humanidade conseguiu um recorde impressionante fazendo recuar os limites aparentes de crescimento econômico e populacional por uma série de espetaculares avanços tecnológicos. Já que a história recente de uma grande parte da sociedade humana tem sido tão continuamente marcada por grandes êxitos, é bem natural que muitas pessoas esperem que os avanços tecnológicos continuem afastando indefinidamente os limites físicos. Essas pessoas falam do futuro com um otimismo tecnológico ressonante.

Não há limitações substanciais à vista, nem em matérias-primas, nem em energia que não possam ser superadas por alterações na estrutura de preços, substituição de produtos, progressos tecnológicos previsíveis e controle da poluição³⁵.

Dada a capacidade atual da terra para a produção de alimentos, e sua produção potencial com o emprego mais generalizado da tecnologia moderna, é claro que, dentro de uma ou duas décadas, a raça humana terá em suas mãos a capacidade de banir a fome da face da terra³⁶.

O domínio da humanidade sobre as vastas, latentes e inesgotáveis fontes de energia, e o avanço rápido da tecnologia, que permite obter maior quantidade com menor parcela do oceano, do ar e do espaço, provou o erro de Malthus. Êxitos totais de ordem física e econômica, em benefício da humanidade, podem ser obtidos agora em um quarto de século³⁷.

Podem-se conciliar tais afirmações com a evidência dos limites de crescimento que aqui foram discutidos? Poderão as novas técnicas alterar a tendência que o sistema mundial tem para crescer e depois ruir? Antes de aceitar ou rejeitar tais visões otimistas de um futuro baseado em soluções tecnológicas para problemas da humanidade, gostaríamos de saber mais sobre o impacto global de novas tecnologias, a curto e a longo prazo, e em todos os cinco setores engrenados do sistema população-capital.

Tecnologia no modelo mundial

No modelo mundial não existe uma variável chamada "tecnologia". Achamos impossível conjugar e ge-

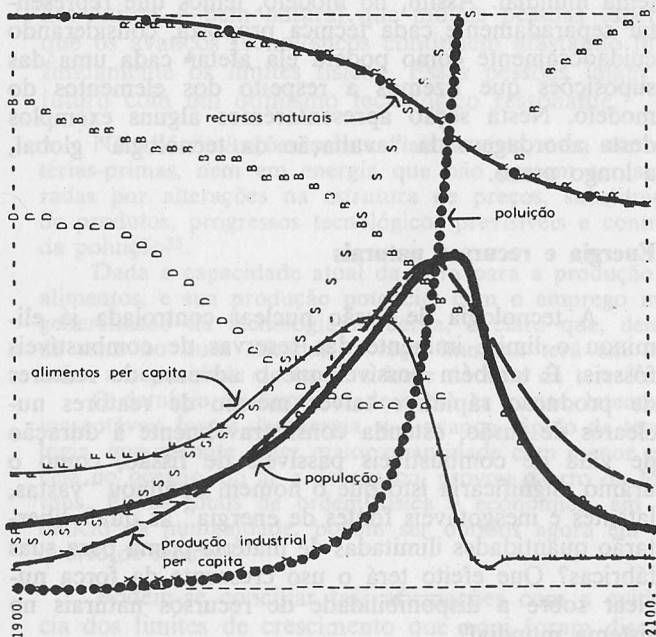
neralizar as implicações dinâmicas de desenvolvimento tecnológico, porque diferentes técnicas surgem de diferentes setores do modelo, e influem também em diferentes setores. Pílulas anticoncepcionais, cereais de alto rendimento, televisão, e perfurações de petróleo longe da costa podem ser todos considerados desenvolvimentos tecnológicos, mas cada um desempenha um papel distinto na alteração do comportamento do sistema mundial. Assim, no modelo, temos que representar separadamente cada técnica proposta, considerando cuidadosamente como poderá ela afetar cada uma das suposições que fizemos a respeito dos elementos do modelo. Nesta seção apresentaremos alguns exemplos desta abordagem da "avaliação da tecnologia" global, a longo prazo.

Energia e recursos naturais

A tecnologia de fissão nuclear controlada já eliminou o limite iminente das reservas de combustíveis fósseis. É também possível que o advento de reatores de produção rápida e talvez mesmo de reatores nucleares de fusão, estenda consideravelmente a duração de vida de combustíveis passíveis de fissão, como o urânio. Significaria isto que o homem dominou "vastias, latentes e inesgotáveis fontes de energia" as quais libertarão quantidades ilimitadas de matéria-prima para suas fábricas? Que efeito terá o uso crescente da força nuclear sobre a disponibilidade de recursos naturais no sistema mundial?

Algumas autoridades no assunto acreditam que abundantes fontes de energia possibilitarão à humanidade descobrir e utilizar materiais que, de outra forma, permaneceriam inacessíveis (no leito do oceano, por exemplo); trabalhar com minérios mais pobres, até mesmo rochas comuns; e reciclar detritos sólidos e recuperar os metais que eles contêm. Embora seja esta uma crença que muitos adotam, ela não é absolutamente universal, como indica a seguinte afirmação do geólogo Thomas Lovering:

De fato, uma energia mais barata reduziria pouco o custo total (principalmente de capital e mão-de-obra)



37. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS "ILIMITADAS"

O problema do esgotamento de recursos naturais no sistema do modelo mundial é eliminado por duas suposições: a de que a energia nuclear "ilimitada" duplicará as reservas de recursos naturais que podem ser exploradas; e, segundo, de que a energia nuclear possibilitará a realização de programas extensivos de reciclagem e substituição. Se essas forem as *únicas* mudanças introduzidas no sistema, o crescimento será interrompido pelo aumento de poluição, como o foi na Fig. 36.

exigido para a mineração e o preparo de rochas. As enormes quantidades de detrito inutilizável produzidas em relação a cada unidade de metal no granito comum (na proporção de no mínimo 2000 por 1) são mais facilmente desprezadas num projeto do que na prática... Para se conseguirem os minerais procurados é necessário rebentar as rochas por meio de explosivos, perfurá-las para se fazerem os poços de introdução e de recuperação, e inundá-las com soluções que contenham produtos químicos extrativos especiais. Medidas devem ser tomadas para evitar a perda de soluções e a conseqüente contaminação do lençol aquático subterrâneo, e da água superficial. Essas operações não serão evitadas pelo uso da energia nuclear³⁸.

Suponhamos, contudo, que os otimistas em relação à técnica estejam certos, e que a energia nuclear resolverá os problemas que os recursos naturais apresentam para o mundo. O resultado da inclusão dessa suposição no modelo mundial é mostrado na Fig. 37. Para expressar a possibilidade da utilização de minério de categoria mais baixa ou da mineração no fundo do mar, duplicamos a quantidade total de recursos naturais disponíveis, tal como na Fig. 36. Também fizemos a suposição de que, a partir de 1975, os programas de recuperação e de reciclagem reduzirão a quantidade de recursos naturais virgens, necessários para a produção de cada unidade industrial a apenas um quarto da quantidade usada hoje em dia. Confessamos que as duas suposições são mais otimistas que realistas.

Realmente, na Fig. 37, não ocorre a escassez de recursos naturais. O crescimento é sustado pelo aumento de poluição, como o foi na Fig. 36. A ausência de qualquer restrição devida aos recursos naturais permite que, antes de cair, a produção industrial de alimentos e de serviços cresçam um pouco acima dos níveis da Fig. 36. A população atinge aproximadamente o mesmo nível máximo, como o fez na Fig. 36, mas cai mais subitamente e a um valor final mais baixo.

Assim, recursos "ilimitados" não parecem ser a chave para a manutenção do crescimento no sistema mundial. Evidentemente, para se evitar um colapso no sistema mundial, parece que o impulso econômico proporcionado por essa disponibilidade de recursos naturais deva ser acompanhado do controle da poluição.

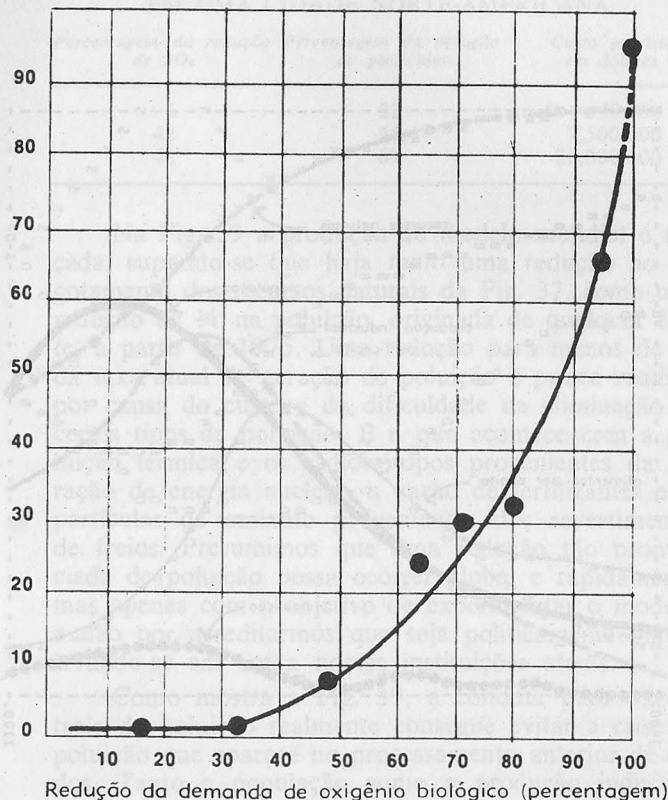
Controle da poluição

Admitimos, na Fig. 37, que o advento da energia nuclear não aumentou nem diminuiu a quantidade média de poluição produzida por cada unidade de produção industrial. O impacto ecológico da força nuclear ainda não está claro. Enquanto alguns produtos derivados do consumo de combustíveis fósseis, como o CO_2 e o dióxido de enxofre vão decrescer, os produtos derivados da radioatividade aumentarão. A reciclagem de recursos naturais certamente reduzirá a poluição produzida por detritos sólidos e por alguns metais tóxicos. Contudo, uma mudança para energia nuclear provavelmente produzirá pouco efeito sobre a maioria dos outros tipos de poluição, incluindo os subprodutos da maioria dos processos de manufatura, a poluição térmica e a que decorre das atividades agrícolas.

Contudo, é provável que uma sociedade humana, que disponha de energia nuclear muito acessível, seja capaz de controlar a produção da poluição industrial através de meios tecnológicos. Dispositivos de controle de poluição já estão sendo produzidos e instalados em grande escala, em áreas industrializadas. Como mudaria o comportamento-modelo, se uma política de controle rigoroso da poluição fosse instituída, digamos, em 1975?

O controle rigoroso da poluição não significa necessariamente seu controle *total*. Por causa de restrições tecnológicas e econômicas, torna-se impossível eliminar completamente a poluição. Economicamente, o custo do controle da poluição se eleva à medida em que os padrões de descarga de contaminantes se tornam mais intensos. A Fig. 38 mostra o custo da redução da poluição da água provinda de uma fábrica de açúcar, como uma função dos resíduos orgânicos removidos. Se não se permitisse que detritos orgânicos deixassem a fábrica, o custo seria 100 vezes maior do que se somente 30% dos detritos fossem removidos. A Tab. 6, abaixo, mostra uma tendência semelhante nos custos projetados para a redução da poluição do ar numa cidade dos Estados Unidos³⁹.

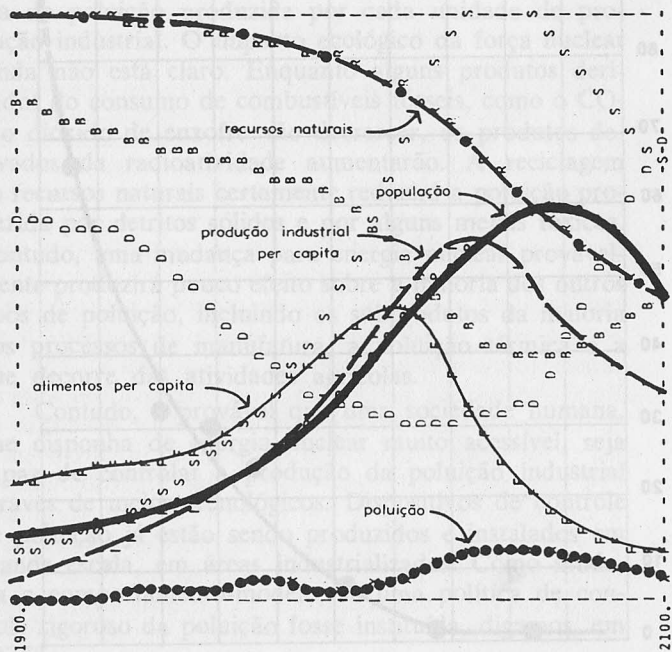
dólares por libra



38. CUSTO DE REDUÇÃO DA POLUIÇÃO

O custo adicional da redução dos detritos orgânicos de uma usina que processa diariamente 2 700 toneladas de açúcar de beterraba aumenta enormemente, à medida que os padrões de descarga se aproximam da pureza total. Uma redução de até 30% na necessidade de oxigênio biológico (uma medida do oxigênio necessário para decompor detritos) custa menos de 1 dólar por libra. Uma redução de mais de 65% requer mais de 20 dólares para cada libra adicional removida; e se a redução for de 95%, cada libra removida custará 60 dólares.

FONTE: *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*. Washington, DC, Government Printing Office, 1971.



39. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS "ILIMITADAS" E CONTROLE DE POLUIÇÃO

Um maior progresso tecnológico é acrescentado ao modelo mundial em 1975 para evitar o esgotamento dos recursos naturais, e os problemas de poluição surgidos nos processamentos anteriores do modelo. Admitimos aqui que a geração de poluição por unidade de produção industrial e agrícola pôde ser reduzida a um quarto do seu valor em 1970. As condutas adotadas relativas aos recursos naturais são iguais às da Fig. 37. Essas alterações permitem que a população e a indústria cresçam até que o limite de terras cultiváveis seja atingido. A quantidade de alimentos *per capita* diminui, e o crescimento industrial decresce à medida que o capital é desviado para a produção de alimentos.

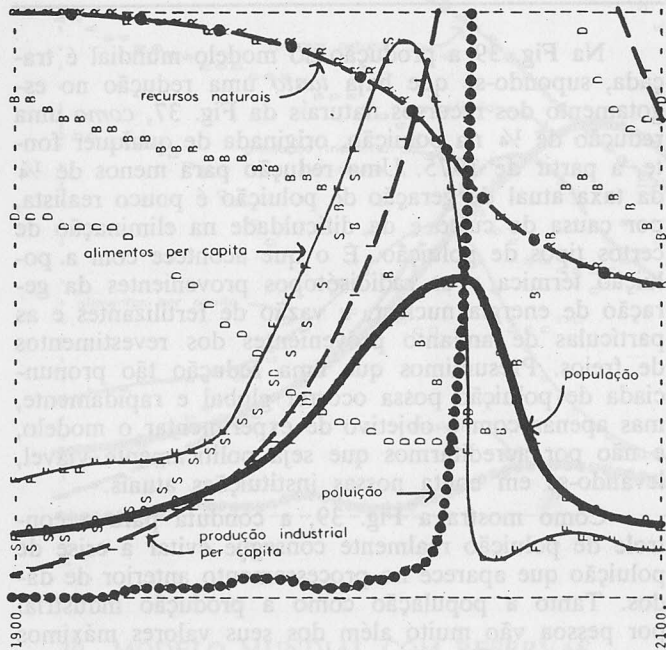
TAB. 6. CUSTO PARA REDUZIR A POLUIÇÃO DO AR EM UMA CIDADE NORTE-AMERICANA

Porcentagem da redução de SO ₂	Porcentagem da redução de partículas	Custo previsto em dólares
5	22	\$ 50,000
42	66	7,500,000
48	69	26,000,000

Na Fig. 39 a produção do modelo mundial é traçada, supondo-se que haja *tanto* uma redução no esgotamento dos recursos naturais da Fig. 37, *como* uma redução de 1/4 na poluição, originada de qualquer fonte, a partir de 1975. Uma redução para menos de 1/4 da taxa atual de geração de poluição é pouco realista, por causa do custo e da dificuldade na eliminação de certos tipos de poluição. É o que acontece com a poluição térmica e os radioisótopos provenientes da geração de energia nuclear, a vazão de fertilizantes e as partículas de amianto provenientes dos revestimentos de freios. Presumimos que uma redução tão pronunciada de poluição possa ocorrer global e rapidamente, mas apenas com o objetivo de experimentar o modelo, e não por acreditarmos que seja politicamente viável, levando-se em conta nossas instituições atuais.

Como mostra a Fig. 39, a conduta para o controle de poluição realmente consegue evitar a crise de poluição que aparece no processamento anterior de dados. Tanto a população como a produção industrial por pessoa vão muito além dos seus valores máximos mostrados na Fig. 37; no entanto, o esgotamento dos recursos naturais e a poluição nunca se tornam um problema. Contudo, ainda opera o módulo que indica a ultrapassagem dos limites; e então se dá o colapso, desta vez em virtude da escassez de alimentos.

Enquanto a produção industrial estiver crescendo, na Fig. 39, o rendimento de cada hectare de terreno continuará aumentando (até um máximo de sete vezes o rendimento médio de 1900) e novas terras serão exploradas. Ao mesmo tempo, no entanto, parte da terra cultivável será utilizada para fins urbano-industriais, e uma parte será destruída pela erosão, especialmente pelos métodos agrícolas altamente capitalizados. Eventualmente o limite de terra cultivável será



40. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS "ILIMITADAS", CONTROLE DE POLUIÇÃO E AUMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

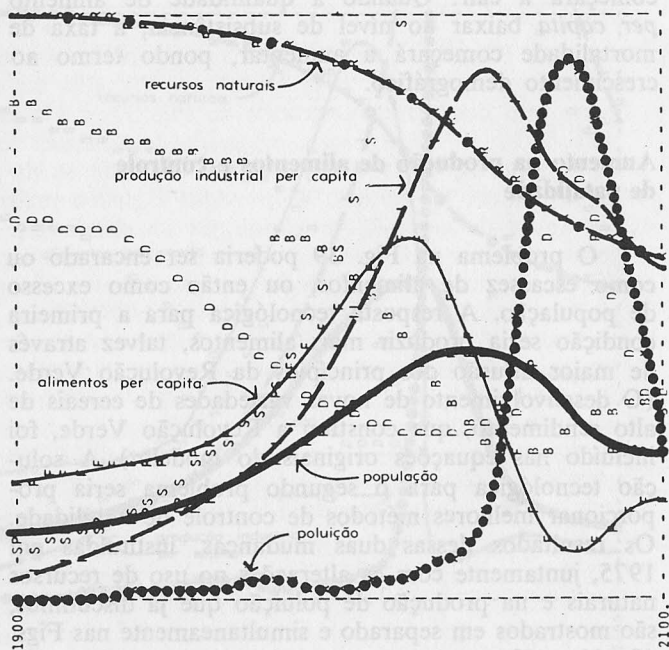
Para evitar a crise de alimentos ocorrida no processamento anterior, além das condutas adotadas nas figuras anteriores em relação à poluição e aos recursos naturais, duplica-se o rendimento médio da terra em 1975. A combinação dessas três condutas elimina tantas restrições ao crescimento, que a população e a indústria atingem níveis bastante altos. Embora cada unidade de produto industrial gere muito menos poluição, o aumento da produção total é o suficiente para criar uma crise de poluição, que põe fim ao crescimento.

atingido. Daí em diante, à medida que a população continuar aumentando, a alimentação *per capita* diminuirá. Quando a escassez de alimentos se tornar evidente, a produção industrial será desviada para o capital agrícola a fim de aumentar os rendimentos da terra. Haverá menor disponibilidade de capital para investimento, e finalmente a produção industrial *per capita* começará a cair. Quando a quantidade de alimento *per capita* baixar ao nível de subsistência, a taxa de mortalidade começará a aumentar, pondo termo ao crescimento demográfico.

Aumento na produção de alimentos e controle de natalidade

O problema na Fig. 39 poderia ser encarado ou como escassez de alimentos, ou então como excesso de população. A resposta tecnológica para a primeira condição seria produzir mais alimentos, talvez através de maior difusão dos princípios da Revolução Verde. (O desenvolvimento de novas variedades de cereais de alto rendimento, que constitui a Revolução Verde, foi incluído nas equações originais do modelo.) A solução tecnológica para o segundo problema seria proporcionar melhores métodos de controle de natalidade. Os resultados dessas duas mudanças, instituídas em 1975, juntamente com as alterações no uso de recursos naturais e na produção de poluição que já discutimos, são mostrados em separado e simultaneamente nas Figs. 40, 41 e 42.

Na Fig. 40 presumimos que a produção normal por hectare de todos os terrenos do globo possa ser duplicada. O resultado é um enorme aumento *per capita* na produção de alimentos, produção industrial e serviços. A produção industrial média por pessoa para toda a população do globo torna-se, ainda que por pouco tempo, quase igual ao nível da dos Estados Unidos em 1970. Embora ainda vigorem medidas severas de controle de poluição, para permitir a sua redução de $\frac{1}{4}$ por unidade de produção, a indústria cresce tão rapidamente que em pouco tempo estará produzindo quatro vezes mais. Assim, o nível de poluição eleva-se, apesar das medidas propostas para o seu controle, e



41. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS "ILIMITADAS", CONTROLES DE POLUIÇÃO E UM "PERFEITO" CONTROLE DE NATALIDADE

Ao invés de um aumento na produção de alimentos, um aumento na efetividade do controle de natalidade é testado, como uma medida para evitar o problema de alimentos. Uma vez que o controle de natalidade é voluntário, e não envolve nenhuma mudança de valores, a população continua a crescer, porém mais lentamente do que na Fig. 39. Apesar disso, a crise de alimentos é adiada por apenas uma década ou duas.

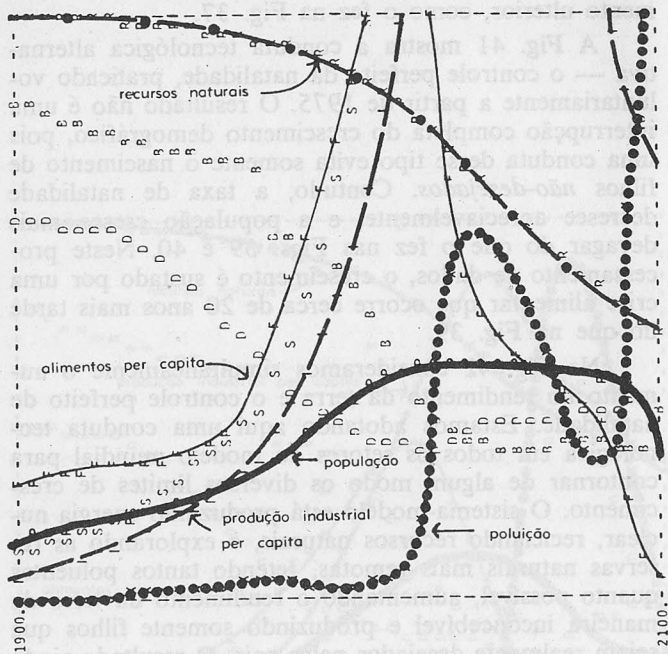
um estado crítico de poluição interrompe um crescimento ulterior, como o fez na Fig. 37.

A Fig. 41 mostra a conduta tecnológica alternativa — o controle perfeito da natalidade, praticado voluntariamente a partir de 1975. O resultado não é uma interrupção completa do crescimento demográfico, pois uma conduta desse tipo evita somente o nascimento de filhos *não-desejados*. Contudo, a taxa de natalidade decresce apreciavelmente, e a população cresce mais devagar do que o fez nas Figs. 39 e 40. Neste processo de dados, o crescimento é sustado por uma crise alimentar que ocorre cerca de 20 anos mais tarde do que na Fig. 39.

Na Fig. 42 consideramos simultaneamente o aumento no rendimento da terra e o controle perfeito de natalidade. Estamos adotando aqui uma conduta tecnológica em todos os setores do modelo mundial para contornar de algum modo os diversos limites de crescimento. O sistema-modelo está produzindo energia nuclear, reciclando recursos naturais, e explorando as reservas naturais mais remotas, retendo tantos poluentes quanto possível, aumentando o rendimento da terra de maneira inconcebível e produzindo somente filhos que sejam realmente desejados pelos pais. O resultado ainda é o fim do crescimento antes do ano 2100. Nesse caso o crescimento é interrompido por três crises simultâneas. O uso excessivo das terras provoca erosão, e a produção de alimentos decresce. Os recursos naturais são severamente desgastados por uma população mundial próspera (mas não tão próspera quanto a população atual dos Estados Unidos). A poluição aumenta, depois diminui, e sobe outra vez de maneira dramática, causando mais redução na produção de alimentos, e um aumento súbito da taxa de mortalidade. A aplicação de soluções tecnológicas por si só prolongou o período de crescimento industrial e de população, mas não removeu os limites definitivos desse crescimento.

O modo de ultrapassagem

Dadas as várias aproximações e limitações do modelo mundial, não há razão para nos estendermos com pessimismo sobre a série de catástrofes que ele tende



42. MODELO MUNDIAL COM RESERVAS "ILIMITADAS", CONTROLE DA POLUIÇÃO, PRODUÇÃO AGRÍCOLA AUMENTADA E "PERFEITO" CONTROLE DE NATALIDADE

Quatro medidas tecnológicas simultâneas são introduzidas no modelo mundial, numa tentativa de evitar a situação de crescimento-e-colapso dos processamentos anteriores. Os recursos naturais são inteiramente explorados e 75% dos recursos usados são reciclados. A geração de poluição é reduzida a um quarto de seu valor em 1970. Os rendimentos da terra são duplicados, e métodos efetivos de controle de natalidade tornam-se disponíveis à população mundial. O resultado é o êxito na manutenção temporária de uma população constante, com uma renda média mundial *per capita*, que se aproxima do nível da atual nos Estados Unidos. No entanto, no final o crescimento industrial é interrompido, e a taxa de mortalidade aumenta, à medida que se esgotam os recursos naturais, que a poluição se acumula e que diminui a produção de alimentos.

a gerar. Somente mais uma vez acentuaremos que nenhum desses resultados de computador é uma predição. Não esperaríamos que o mundo real se comportasse como o modelo mundial em nenhum dos gráficos que mostramos, especialmente nos modos de colapso. O modelo contém afirmações dinâmicas somente sobre os aspectos físicos das atividades do homem. Ele supõe que as variáveis sociais — distribuição de renda, atitudes em relação ao tamanho da família, escolha entre bens, serviços e alimentos — continuarão a seguir os mesmos padrões que têm seguido no mundo inteiro, no período histórico recente. Esses padrões e os valores humanos que representam, foram todos estabelecidos na fase de crescimento de nossa civilização. Sem dúvida, eles sofreriam revisões importantes, à medida que a população e a renda começassem a decrescer. Como achamos difícil imaginar as novas formas de comportamento social que podem emergir, e a rapidez com que emergiriam em condições de colapso, não tentamos dar um modelo a tais mudanças sociais. A possível validade de nosso modelo é mantida somente até o ponto onde, em cada gráfico de produção, o crescimento termina e o colapso começa.

Embora tenhamos muitas reservas sobre as aproximações e simplificações no atual modelo mundial, ele nos levou a uma conclusão que parece ser justificada perante todas as suposições que examinamos até o momento. *O modo básico de comportamento do sistema mundial consiste no crescimento exponencial da população e do capital, seguido de colapso.* Como mostramos nos processamentos-modelo apresentados aqui, essa maneira de comportamento ocorrerá, quer não admitamos mudança alguma no sistema atual, quer aceitemos qualquer número de mudanças tecnológicas no mesmo sistema.

A subentendida suposição por trás de todos os processamentos-modelo que apresentamos neste capítulo é de que o crescimento de população e de capital deveria ser permitido continuar até atingir algum limite "natural". Tal suposição parece ser também uma parte básica do sistema de valores humanos que operam hoje no mundo real. Sempre que incorporamos esses valores ao modelo, o sistema em crescimento se eleva acima de seu limite máximo, e então sofre um colapso. Quando

introduzimos desenvolvimentos tecnológicos que eliminam com sucesso algumas restrições ao crescimento, ou evitam algum colapso, o sistema simplesmente cresce até outro limite, ultrapassa-o temporariamente e retrocede. Admitindo-se a primeira suposição, que o crescimento de capital e de população não deveriam ser deliberadamente limitados, mas deveriam ter permissão para "buscar seus próprios níveis", não conseguimos encontrar um conjunto de medidas capazes de evitar o modo de comportamento que conduz ao colapso.

Na realidade não é difícil entender como ocorre o estado de colapso. Em toda a rede entrosada dos ciclos de realimentação que constituem o sistema mundial, achamos necessário representar a situação do mundo real através da introdução de lapsos de tempo entre as causas e seus efeitos últimos. São demoras naturais que não podem ser controladas por meios tecnológicos. Incluem, por exemplo, uma demora de cerca de quinze anos entre o nascimento de uma criança e o momento em que ela pode começar a reproduzir. O lapso de tempo inerente ao envelhecimento de uma população introduz um certo atraso inevitável na sua capacidade de reagir, através da taxa de natalidade, às mudanças de condições. Um lapso de tempo ocorre entre o momento em que o poluente é liberado no meio ambiente e o momento em que se pode medir seus efeitos sobre a saúde do homem. Esse atraso inclui a passagem do poluente através do ar, dos rios ou do solo para a cadeia de alimentação, e também o tempo que vai da ingestão ou absorção de um poluente até o aparecimento de sintomas clínicos. No caso de algumas substâncias cancerígenas, essa segunda demora pode levar até 20 anos. Outras demoras ocorrem porque o capital não pode ser transferido instantaneamente de um setor para outro para fazer frente às necessidades, porque um capital novo e terra nova só podem ser produzidos ou preparados gradualmente, e porque só lentamente a poluição pode ser dispersada ou transformada em formas inofensivas.

Em um sistema dinâmico, as demoras só produzem efeitos sérios se o próprio sistema estiver passando por mudanças rápidas. Talvez um simples exemplo esclarecerá esta afirmativa. Quando a gente dirige um carro, há uma pequena e inevitável demora entre a percepção

da estrada em frente e a reação a ela. Há uma demora mais longa entre a ação sobre o acelerador ou sobre os freios, e a resposta do carro a esta ação. Aprendemos a lidar com essas demoras. Sabemos que, por causa delas, é perigoso dirigir em alta velocidade. Se o fizermos, certamente iremos experimentar, mais cedo ou mais tarde, a condição de ultrapassagem de limite e de colapso. Se tivéssemos que dirigir com os olhos vendados, seguindo as instruções de um passageiro do banco da frente, a demora entre a percepção e a ação seria consideravelmente aumentada. A única maneira segura de lidarmos com demoras prolongadas de tempo seria diminuirmos a velocidade. Se tentássemos dirigir na velocidade costumeira, ou acelerando continuamente (como no crescimento exponencial), o resultado seria desastroso.

Exatamente do mesmo modo, as demoras nos ciclos de realimentação do sistema mundial não seriam problema se o sistema estivesse crescendo muito devagar, ou simplesmente não estivesse crescendo. Nessas condições, qualquer nova ação ou plano de atividade poderiam ser instituídos gradualmente, e as mudanças poderiam superar os obstáculos pela demora no suprimento revertido de informação em todas as partes do sistema, antes de se tornar necessária a introdução de outra ação ou plano de atividade. Contudo, em condições de crescimento rápido, novas ações e planos de atividade são impostos ao sistema, muito antes de se poderem avaliar devidamente os resultados de velhos planos de atividade e ações. A situação é ainda pior quando o crescimento é exponencial, e o sistema está mudando cada vez mais rapidamente.

Assim, a população e o capital, impelidos pelo crescimento exponencial, não somente atingem seus limites, mas temporariamente se projetam além deles, antes que o resto do sistema, com seus atrasos inerentes, reaja para interromper o crescimento. A poluição, gerada em quantidades exponencialmente crescentes, pode ir além do ponto perigoso, porque este ponto só é percebido anos depois de a poluição maléfica ter sido liberada. Um sistema industrial, crescendo rapidamente, pode formar uma base de capital dependente de um dado recurso natural, e logo descobrir que as reservas desse recurso, diminuindo exponencial-

mente, não podem mantê-la. Devido a atrasos na estrutura etária, uma população continuará a crescer durante 70 anos, mesmo depois de a fertilidade média ter caído abaixo do nível de substituição (uma média de dois filhos para cada casal).

Tecnologia no mundo real

As esperanças dos que vêem a tecnologia com otimismo, se baseiam na habilidade que tem a tecnologia para remover ou estender os limites de crescimento da população e do capital. Já mostramos que, no modelo mundial, a aplicação da tecnologia a problemas aparentes de esgotamento de recursos naturais, à poluição ou à escassez de alimentos, não influi no problema *essencial*, qual seja, o crescimento exponencial em um sistema finito e complexo. Nossas tentativas de usar no modelo, mesmo as estimativas mais otimistas dos benefícios da tecnologia, não evitaram o declínio ulterior da população e da indústria e, de fato, seja como for, não adiaram o colapso para além do ano 2100. Antes de passarmos ao próximo capítulo em que veremos à prova outras medidas que não sejam tecnológicas, estendamos o nosso exame das soluções tecnológicas e alguns aspectos da tecnologia que não puderam ser incluídos no modelo mundial.

Efeitos colaterais da tecnologia

O Dr. Garret Hardin definiu os efeitos colaterais como "efeitos que eu não tinha previsto ou sobre os quais não quero pensar"⁴⁰. Ele sugeriu que, sendo tais efeitos realmente inseparáveis do efeito principal, não deveriam ser, de modo algum, denominados *colaterais*. Naturalmente, a tecnologia nova tem efeitos colaterais, e um dos objetivos principais da construção de modelos é antecipar tais efeitos. As tiragens-modelo no computador, neste capítulo, mostraram alguns dos efeitos colaterais de várias técnicas sobre os sistemas físico e econômico mundiais. Infelizmente, o modelo não indica, neste estágio, os efeitos *sociais* colaterais de novas técnicas. Muitas vezes eles são os mais im-

portantes em termos da influência que a tecnologia tem sobre as vidas das pessoas.

Um exemplo recente de efeitos sociais colaterais, provenientes de uma nova tecnologia bem sucedida, apareceu com a introdução da Revolução Verde nas sociedades agrárias do mundo. A Revolução Verde — a utilização de novas variedades de sementes, combinada a fertilizantes e pesticidas — foi projetada para solucionar, tecnologicamente, os problemas mundiais de alimentação. Seus planejadores previram alguns dos problemas sociais que esta Revolução poderia provocar em culturas de povos tradicionais. O objetivo da Revolução Verde era não somente produzir mais alimentos, mas ser propulsora de trabalho — para proporcionar empregos e não requerer grandes quantidades de capital. Em algumas áreas do mundo, como no Punjab Indiano, a Revolução Verde, na realidade, aumentou o número de empregos na agricultura mais rapidamente do que a taxa de crescimento da população total. De 1963 a 1968, houve no Punjab Oriental um aumento real de 16% nos salários⁴¹.

O efeito principal ou projetado da Revolução Verde — aumento da produção de alimentos — parece ter sido obtido. Infelizmente, as conseqüências sociais colaterais não foram inteiramente benéficas, na maioria das regiões onde as novas variedades de sementes foram introduzidas. Antes da Revolução Verde, havia no Punjab Indiano um sistema admiravelmente equitativo de distribuição de terras. O padrão mais comum de posse de terras no mundo não-industrializado é o latifúndio, com a maior parte da população cultivando fazendas bem pequenas, e poucas pessoas possuindo a vasta maioria das terras.

Onde estas condições de desigualdade econômica já existem, a Revolução Verde tende a aumentá-las. Os grandes proprietários são geralmente os primeiros a adotar os novos métodos. Eles têm o capital para fazê-lo, e podem arriscar-se. Embora as novas variedades de sementes não exijam máquinas agrícolas, elas proporcionam bastante incentivo econômico para a mecanização, especialmente onde cultivos variados exigem rapidez na colheita e no replantio. Em grandes fazendas, simples considerações econômicas levam quase que inevitavelmente ao uso de máquinas em substituição

à mão-de-obra e à aquisição de mais terras⁴². Os efeitos finais desse ciclo positivo de realimentação sócio-econômico são o desemprego na zona agrícola, o aumento da migração para as cidades, e talvez mesmo o aumento da desnutrição, já que os pobres e os desempregados não dispõem de meios para comprar os alimentos produzidos com o auxílio da nova técnica.

Segue um exemplo específico dos efeitos sociais colaterais da Revolução Verde, numa área onde a terra não é distribuída eqüitativamente.

O salário de um trabalhador rural sem terras no Paquistão Ocidental é hoje quase igual ao que era há cinco anos atrás, isto é, menos de 100 dólares por ano. Em contraste, um senhor de terras, com uma fazenda de trigo de 1 500 acres, disse-me, quando estive no Paquistão neste inverno, que seus lucros na última safra tinham excedido 100 000 dólares⁴³.

Dados estatísticos do México, onde a Revolução Verde começou na década de 40, oferecem outro exemplo. De 1940 a 1960, a taxa média de crescimento da produção agrícola no México foi de 5% ao ano. No entanto, de 1950 a 1960, o número médio de dias de trabalho de um trabalhador rural, sem terras, caiu de 194 para 100, e sua renda real decresceu de 68 dólares para 56. 80% do aumento da produção agrícola vieram de apenas 3% das fazendas⁴⁴.

Esses efeitos sociais colaterais e inesperados não significam que a tecnologia na Revolução Verde tenha fracassado. Indicam que os efeitos sociais colaterais devem ser antecipados e interceptados *antes* que novas técnicas sejam adotadas em grande escala.

No momento em que a agricultura passa de seu estado tradicional de subsistência para a agricultura comercial moderna... torna-se progressivamente mais importante garantir que compensações adequadas advenham diretamente para o homem que cultiva o solo. Na verdade, é difícil prever qualquer modernização significativa na produção de alimentos na América Latina e na África, ao sul do Saara, a menos que a terra seja registrada, transferida por meio de escritura e distribuída mais eqüitativamente⁴⁵.

Tal preparação para a mudança tecnológica requer, no mínimo, um longo período de tempo. Toda

mudança na maneira normal de fazer as coisas, requer um tempo de ajustamento, enquanto a população, consciente ou inconscientemente, reestrutura seu sistema social para acomodar-se à mudança. Enquanto a tecnologia pode mudar rapidamente, as instituições políticas e sociais geralmente mudam muito devagar. Além disso, elas quase nunca mudam em antecipação a uma necessidade social, mas somente em resposta a uma necessidade.

Já mencionamos o efeito dinâmico dos atrasos físicos no modelo mundial. Precisamos também nos lembrar da presença de atrasos sociais — as demoras necessárias para permitir à sociedade absorver uma mudança ou preparar-se para ela. Todas as demoras, físicas ou sociais, reduzem a estabilidade do sistema mundial, e aumentam a possibilidade da condição de ultrapassagem de limites. As demoras sociais e as físicas estão se tornando cada vez mais críticas, porque os processos de crescimento exponencial estão criando pressões adicionais em um ritmo cada vez mais acelerado. A população mundial aumentou de 1 para 2 bilhões em um período de mais de cem anos. O terceiro bilhão foi adicionado em 30 anos, e a população mundial teve menos de 20 anos para se preparar para seu quarto bilhão. O quinto, o sexto e talvez mesmo o sétimo bilhão podem chegar antes do ano 2000, daqui a menos de 30 anos. Embora até agora a taxa de mudança tecnológica tenha conseguido acompanhar esse ritmo acelerado, a humanidade praticamente não fez nenhuma descoberta nova para aumentar a taxa de mudanças sociais (política, ética e cultural).

Problemas sem soluções técnicas

Quando as cidades da América (EUA) eram novas, cresciam rapidamente. A terra era abundante e barata, novos edifícios eram continuamente construídos, e a população e a produção econômica das regiões urbanas aumentavam.

Contudo, com o tempo, toda a área no centro da cidade foi ocupada. Um limite físico tinha sido atingido, ameaçando impedir o crescimento econômico e demográfico naquela parte da cidade. A resposta tecnológica foi o desenvolvimento de arranha-céus e eleva-

dores que essencialmente eliminaram a restrição de terrenos como um fator de supressão de crescimento. A zona central da cidade acumulou mais gente e mais atividades. Então surgiu uma nova restrição: as mercadorias e os trabalhadores não podiam sair do congestionado centro da cidade, ou nele entrar, com a necessária rapidez. Outra vez, a solução foi de ordem tecnológica. Foi construída uma rede de vias expressas, sistemas de transporte em massa e heliportos no topo dos edifícios mais altos. O limite de transporte foi superado, os edifícios cresceram mais e a população aumentou.

Agora a maioria das grandes cidades norte-americanas parou de crescer. (Em cinco das dez maiores — New York, Chicago, Filadélfia, Detroit e Baltimore — o número de habitantes diminuiu entre 1960 e 1970. Washington, DC., não mudou. Los Angeles, Houston, Dallas e Indianápolis continuam a crescer, pelo menos em parte devido à anexação de novas terras⁴⁶.) As pessoas mais ricas, que têm opção econômica, estão-se mudando para os subúrbios, que cada vez mais circundam as cidades. As áreas centrais caracterizam-se pelo barulho, poluição, crime, uso de drogas, pobreza, greves de trabalhadores e paralisação dos serviços sociais. A qualidade da vida no centro da cidade deteriorou. O crescimento parece ter sido interrompido por problemas que não têm soluções técnicas.

Uma solução técnica pode ser definida como “uma solução que requer uma mudança somente nas técnicas das ciências naturais, exigindo pouco ou nada no que diz respeito a mudanças nos valores humanos ou nas idéias de moralidade”⁴⁷. Hoje em dia, inúmeros problemas não têm soluções técnicas. São exemplos a corrida armamentista nuclear, as tensões raciais e o desemprego. Mesmo que os progressos tecnológicos da sociedade satisfaçam todas as expectativas, pode bem acontecer que um problema sem solução técnica, ou a interação de vários problemas, finalmente venha pôr um fim ao crescimento da população e do capital.

Uma escolha de limites

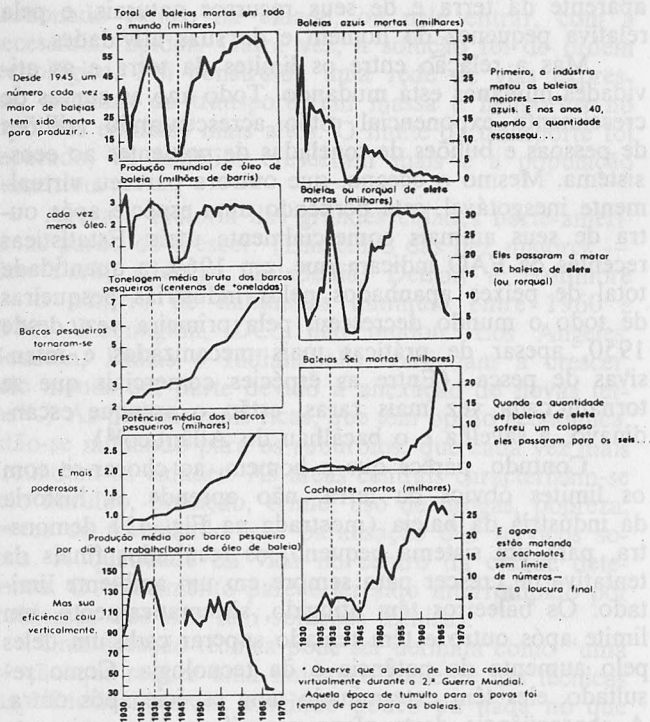
A aplicação da tecnologia às pressões naturais que o meio ambiente exerce contra qualquer processo de

crescimento tem tido tanto sucesso no passado, que uma cultura inteira evoluiu em torno do princípio de lutar contra limites, em vez de aprender a viver dentro deles. Essa cultura tem sido reforçada pela imensidão aparente da terra e de seus recursos naturais, e pela relativa pequenez do homem e de suas atividades.

Mas a relação entre os limites da terra e as atividades humanas está mudando. Todo ano as curvas de crescimento exponencial estão acrescentando milhões de pessoas e bilhões de toneladas de poluentes ao ecossistema. Mesmo o oceano, que outrora pareceu virtualmente inesgotável, está perdendo uma espécie após outra de seus animais comercialmente úteis. Estatísticas recentes da FAO indicam que, em 1969, a quantidade total de peixes apanhados pelas indústrias pesqueiras de todo o mundo decresceu, pela primeira vez, desde 1950, apesar de práticas mais mecanizadas e intensivas de pesca. (Entre as espécies comerciais que se tornam cada vez mais raras, estão o arenque escandinavo, a savelha e o bacalhau do Atlântico⁴⁸).

Contudo, parece que o homem, ao chocar-se com os limites óbvios da terra, não aprende. A história da indústria da baleia (mostrada na Fig. 43) demonstra, para um sistema pequeno, os resultados finais da tentativa de crescer para sempre em um ambiente limitado. Os baleeiros têm atingido, sistematicamente, um limite após outro e têm tentado superar cada um deles pelo aumento da potência e da tecnologia. Como resultado, eles têm exterminado uma espécie após outra. A conseqüência deste plano específico de crescimento ilimitado só pode ser a extinção das baleias e dos baleeiros. A alternativa é a imposição de um *limite determinado pelo homem* quanto ao número de baleias pescadas cada ano, número este estabelecido de modo a permitir a manutenção de toda a população dos cetáceos em um nível estável. A auto-imposição de um limite na pesca da baleia seria uma pressão desagradável, que impediria o crescimento da indústria. Mas talvez isto fosse preferível ao desaparecimento gradual, tanto das baleias como da indústria baleeira.

A escolha básica com que se defronta a indústria da baleia é a mesma enfrentada por qualquer sociedade que esteja tentando superar um limite natural com uma nova tecnologia. *Será melhor tentar viver den-*



43. A MODERNA PESCA DA BALEIA

À medida que grupos de baleias vão sendo exterminados, vai-se tornando mais difícil encontrar sobreviventes, e mais esforço tem que ser despendido na sua captura. À medida que as baleias maiores vão sendo eliminadas, as espécies menores são utilizadas para manter a indústria. Contudo, como nunca foram estabelecidos limites, as baleias grandes são sempre apesadas, quando e onde encontradas. Assim, as baleias pequenas são usadas para compensar a exterminação das grandes.

FONTE: PAYNE, Roger. Among Wild Whales. *The New York zoological Society Newsletter*, novembro 1968.

tro desses limites, aceitando a imposição de uma auto-restrição no crescimento? Ou será preferível continuar crescendo até que surja algum outro limite natural, na esperança de que, nessa ocasião, um outro avanço tecnológico permita que o crescimento ainda continue? Nos últimos séculos, a sociedade humana seguiu o segundo caminho com tanta constância e bom êxito, que a primeira opção já foi quase esquecida.

Podê haver muita discordância sobre a afirmação de que o crescimento da população e do capital precisam parar em breve. Mas virtualmente ninguém discute que o crescimento material neste planeta pode continuar para sempre. Nesta fase da história da humanidade, a escolha indicada acima ainda é possível em quase todas as esferas da atividade humana. O homem ainda pode escolher seus limites e parar quando quiser, seja afrouxando algumas das pressões fortes que causam o crescimento de capital e de população, seja instituindo contrapressões, ou então, fazendo ambas as coisas. Tais contrapressões provavelmente não serão completamente agradáveis. Elas certamente trarão radicais mudanças nas estruturas sociais e econômicas que têm sido profundamente impressas na cultura humana, através de séculos de crescimento. As alternativas são esperar até que o preço da tecnologia se torne maior do que a sociedade possa pagar, ou até que os próprios efeitos colaterais da tecnologia suprimam o crescimento, ou então até que surjam problemas sem soluções técnicas. Em qualquer desses pontos, a possibilidade de escolha de limites terá desaparecido. O crescimento será interrompido por pressões independentes da escolha humana, que, como sugere o modelo mundial, podem ser muito piores do que as que a sociedade poderia escolher por si mesma. Pareceu-nos necessário determo-nos, aqui, numa análise tão demorada da tecnologia, porque notamos que o otimismo tecnológico é a reação mais comum e a mais perigosa às descobertas provenientes do nosso modelo mundial. A tecnologia pode aliviar os sintomas de um problema, sem afetar as causas fundamentais. A fé na tecnologia, como uma solução final para todos os problemas, pode desviar nossa atenção do problema mais fundamental — do crescimento em um sistema finito — e impedir-nos de tomar medidas efetivas para resolvê-lo.

Por outro lado, nossa intenção, certamente, não é estigmatizar a tecnologia como má, ou fútil, ou desnecessária. Nós mesmos somos tecnólogos e trabalhamos numa instituição tecnológica. Acreditamos seriamente, como mostraremos no capítulo seguinte, que muitos dos desenvolvimentos tecnológicos aqui mencionados — reciclagem, dispositivos para o controle de poluição, anticoncepcionais — serão absolutamente vitais para o futuro da sociedade humana, *caso sejam combinados a controles deliberados de crescimento*. Depploraríamos uma rejeição desarrazoada dos benefícios da tecnologia tão intensamente, como argumentamos aqui contra a sua aceitação desarrazoada. O melhor sumário de nossa posição talvez seja o lema do Sierra Club: "Não uma oposição cega ao progresso, mas uma oposição ao progresso cego".

Esperamos que a sociedade, ao receber cada novo avanço tecnológico, responda a três perguntas, *antes* de adotar a tecnologia de maneira generalizada. As questões são:

1. Quais serão os efeitos colaterais, tanto físicos como sociais, se essa técnica for introduzida em larga escala?
2. Que mudanças sociais deverão ser introduzidas antes que essa técnica possa ser apropriadamente adotada, e quanto tempo levará para fazê-lo?
3. Se a técnica for inteiramente bem sucedida e remover alguns limites naturais do crescimento, quais serão os próximos limites que o sistema em crescimento encontrará? A sociedade preferirá suas pressões às pressões que esta técnica pretende remover?

Passemos agora a investigar os meios não-técnicos de lidar com o crescimento em um mundo finito.

5

O ESTADO DE EQUILÍBRIO GLOBAL

A maioria das pessoas pensa que uma nação para ser feliz precisa ser grande; mas mesmo que estejam certas, elas não têm a menor idéia do que seja uma nação grande, ou uma nação pequena. . . Há um limite para o tamanho das nações, assim como há um limite para outras coisas; plantas, animais, instrumentos; pois nenhuma delas retém seu poder natural quando

é muito grande, ou muito pequena; ao contrário, ou perde inteiramente sua natureza, ou se deteriora.

ARISTÓTELES, 322 a.C.

Vimos que os ciclos positivos de realimentação, que operam sem nenhuma restrição, geram crescimento exponencial. No sistema mundial, dois ciclos positivos são, no momento, dominantes, dando origem ao crescimento exponencial da população e do capital industrial.

Em qualquer sistema finito, deve haver restrições capazes de pôr fim a um crescimento exponencial. Estas restrições constituem os ciclos negativos de realimentação, que se tornam cada vez mais fortes, à medida que o crescimento se aproxima do limite máximo (ou capacidade de manutenção) do meio ambiente do sistema. Finalmente, os ciclos negativos equilibram ou dominam os ciclos positivos, pondo fim ao crescimento. No sistema mundial, os ciclos negativos de realimentação abrangem processos tais como a poluição do meio ambiente, o esgotamento dos recursos naturais e a fome.

Os atrasos inerentes à ação desses ciclos negativos tendem a permitir que o capital e a população ultrapassem seus níveis definitivos, possíveis de manutenção. No período em que se dá a ultrapassagem dos limites, há desperdício de recursos naturais. Nele, geralmente diminui também a capacidade de manutenção do meio ambiente, intensificando-se o declínio eventual da população e do capital.

As pressões dos ciclos negativos de realimentação que interrompem o crescimento já se fazem sentir em muitos setores da sociedade humana. As principais respostas sociais a estas pressões têm sido dirigidas contra os próprios ciclos negativos de realimentação. As soluções tecnológicas, como as discutidas no Cap. 4 foram planejadas para debilitar os ciclos ou então disfarçar as pressões que eles geram, a fim de que o crescimento pudesse continuar. Tais medidas podem ter algum efeito a curto prazo, ao atenuarem as pressões causadas pelo crescimento mas, em última instância,

elas não fazem coisa alguma para impedir que os limites sejam ultrapassados ou que ocorra o colapso do sistema.

Outra resposta ao problema criado pelo crescimento seria provocar o enfraquecimento dos ciclos *positivos* de realimentação que provocam esse mesmo crescimento. Tal solução quase nunca tem sido reconhecida como legítima por nenhuma sociedade moderna, e certamente nunca foi posta eficazmente em prática. Que tipos de condutas tal solução acarretaria? Que espécie de mundo resultaria daí? Quase não existe precedente histórico para esse modo de agir, e assim não há alternativa senão discuti-lo em termos de modelos escritos — sejam eles mentais ou formais. Como se comportará o modelo mundial, se incluímos nele algumas medidas para controlar, deliberadamente, o crescimento? Será que essa mudança irá produzir um modo de comportamento “melhor”?

Sempre que usamos palavras como “melhor”, e começamos a fazer escolhas entre resultados alternativos de modelo, nós, os experimentadores, estamos inserindo nossos próprios valores e preferências no processo de modelagem. Os valores introduzidos em cada relação causal do modelo são os valores operacionais e reais do mundo, na medida em que podemos determiná-los. Os valores que nos levam a qualificar os resultados do computador como “melhores” ou “piores”, são os valores pessoais do modelador ou de seu público. Já definimos nosso próprio sistema de valores, ao rejeitarmos, por considerá-los indesejáveis, os modos de ultrapassagem de limites e de colapso. Agora que estamos buscando um resultado “melhor”, precisamos definir o mais claramente possível nosso objetivo para o sistema. Estamos à procura de um resultado modelo que represente um sistema mundial que seja:

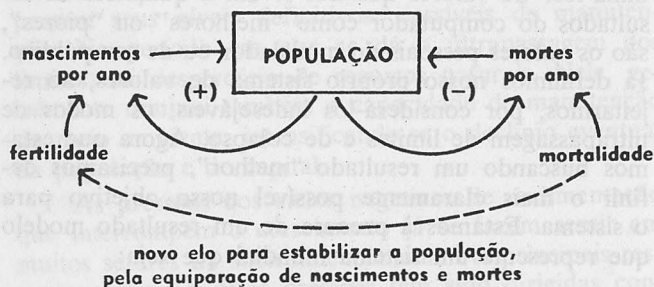
1. sustentável, sem colapso inesperado e incontrollável;
2. capaz de satisfazer aos requisitos materiais básicos de todos os seus habitantes.

Vejamos agora quais os planos de ação que poderão ocasionar este comportamento no modelo mundial.

Restrições deliberadas ao crescimento

Recorda-se que o ciclo positivo de realimentação, causador do crescimento de população, compreende a taxa de natalidade e todos os fatores sócio-econômicos que influem sobre ela, e é neutralizado pelo ciclo negativo da taxa de mortalidade.

O crescimento assoberbante da população mundial, causado pelo ciclo positivo da taxa de natalidade, é um fenômeno recente, resultado do grande sucesso da humanidade em reduzir a mortalidade mundial. O ciclo negativo de realimentação, que agia como controlador, foi enfraquecido, deixando o ciclo positivo operar virtualmente, sem restrição. Há somente dois modos de restaurar o desequilíbrio resultante: ou diminuir a taxa de natalidade, para que ela se iguale à nova taxa de mortalidade mais baixa, ou deixar que esta última torne a subir. Todas as restrições "naturais" ao crescimento de população operam conforme a segunda maneira — elas elevam a taxa de mortalidade. Qualquer sociedade que queira evitar esse resultado deve tomar medidas deliberadas para controlar o ciclo positivo de realimentação, isto é, reduzir a taxa de natalidade.



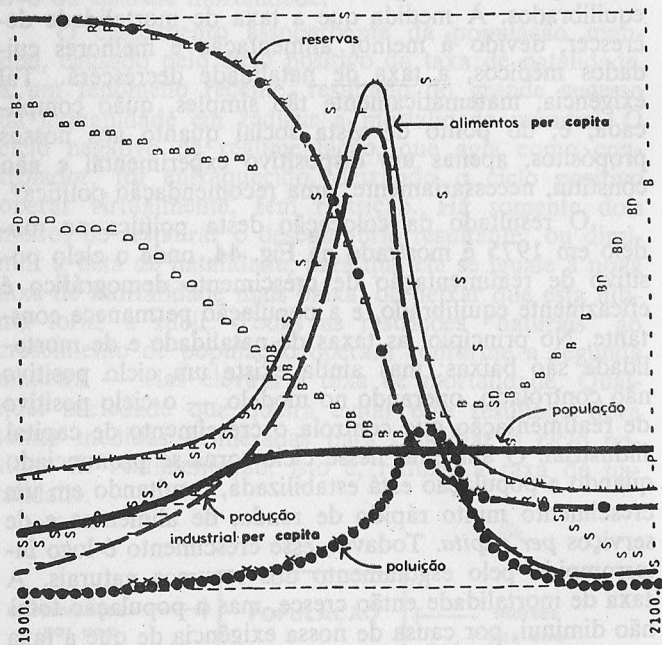
Em um modelo dinâmico, é fácil neutralizar os excessivos ciclos positivos. Por enquanto, vamos excluir a condição de praticabilidade política, e usemos o modelo para verificar, se não as conotações sociais, pelo menos as conotações físicas com a limitação do cres-

cimento da população. Precisamos somente acrescentar ao modelo mais um ciclo causal, ligando a taxa de natalidade à taxa de mortalidade. Em outras palavras, exigimos que o número de crianças nascidas cada ano seja igual ao número previsto de mortes na população neste mesmo ano. Os ciclos positivos de realimentação, tanto quanto os negativos, serão assim perfeitamente equilibrados. À medida que a taxa de mortalidade decrescer, devido à melhor alimentação e melhores cuidados médicos, a taxa de natalidade decrescerá. Tal exigência, matematicamente tão simples, quanto complicada, é, do ponto de vista social quanto aos nossos propósitos, apenas um dispositivo experimental e não constitui, necessariamente, uma recomendação política*.

O resultado da colocação desta política no modelo em 1975 é mostrado na Fig. 44, onde o ciclo positivo de realimentação de crescimento demográfico é eficazmente equilibrado, e a população permanece constante. No princípio, as taxas de natalidade e de mortalidade são baixas; mas ainda existe um ciclo positivo não controlado, operando no modelo — o ciclo positivo de realimentação que controla o crescimento de capital industrial. O aumento nesse ciclo torna-se pronunciado quando a população está estabilizada, resultando em um crescimento muito rápido de renda, de alimentos e de serviços *per capita*. Todavia, esse crescimento é logo interrompido pelo esgotamento dos recursos naturais. A taxa de mortalidade então cresce, mas a população total não diminui, por causa de nossa exigência de que a taxa de natalidade seja igual à de mortalidade (visivelmente irreal neste caso).

Aparentemente, se quisermos um sistema estável, não convém permitir que nem mesmo um dos dois ciclos positivos críticos produza um crescimento desgovernado. A estabilização da população por si só não basta para impedir que o limite seja ultrapassado e que ocorra o colapso; um processamento semelhante em computador, estando o capital constante e a população crescendo, mostra que só a estabilização do capital também não é suficiente. O que acontecerá se

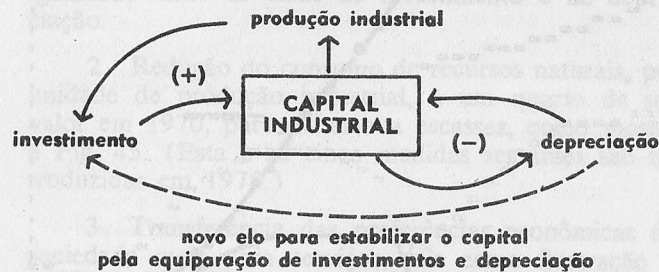
(*) Esta sugestão para estabilizar a população foi proposta originalmente por KENNETH E. BOULDING, *The Meaning of the 20th Century*, New York, Harper and Row, 1964.



44. MODELO MUNDIAL COM UMA POPULAÇÃO ESTABILIZADA

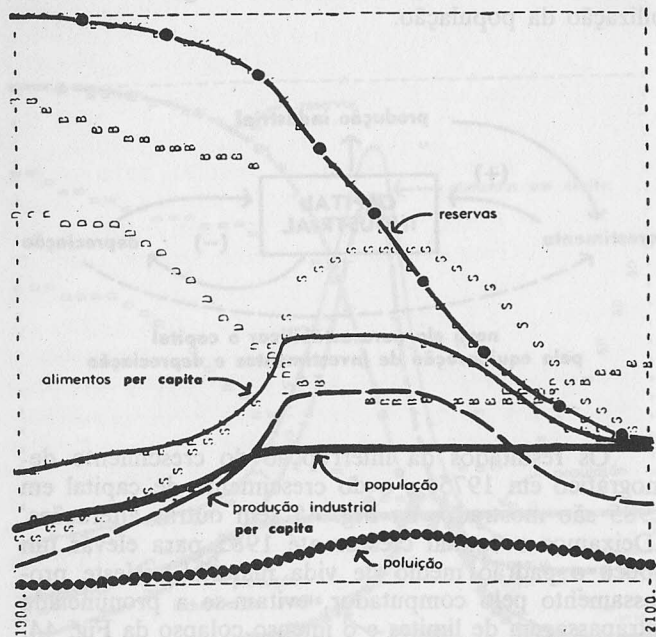
Neste processamento de computador, as condições no sistema-modelo são idênticas às presentes no processamento-padrão (Fig. 35), exceto que a população se mantém constante depois de 1975, devido ao equacionamento da taxa de natalidade com a taxa de mortalidade. O ciclo positivo de realimentação que permanece sem restrições no sistema, e que compreende o capital industrial, continua a produzir um crescimento exponencial da produção industrial, de alimentos e de serviços *per capita*. O desgaste eventual dos recursos naturais não-renováveis provoca um colapso súbito do sistema industrial.

controlarmos, simultaneamente, *ambos* os ciclos positivos de realimentação? No modelo, podemos estabilizar o montante de capital, exigindo que a taxa de investimento seja igual à taxa de depreciação, com um elo-modelo adicional, exatamente análogo ao da estabilização da população.



Os resultados da interrupção do crescimento demográfico em 1975, e o do crescimento de capital em 1985 são mostrados na Fig. 45 sem outras alterações. (Deixamos o capital crescer até 1985 para elevar um pouco o padrão médio de vida material.) Neste processamento pelo computador, evitam-se a pronunciada ultrapassagem de limites e o intenso colapso da Fig. 44. A população e o capital atingem valores constantes, em um nível relativamente alto de alimentos, produção industrial e serviços por pessoa. Finalmente, porém, a escassez de recursos naturais reduz a produção industrial, e o estado temporário de estabilidade degenera.

Que suposições referentes ao modelo nos darão uma combinação de um padrão de vida decente, com uma estabilidade um pouco maior do que a atingida na Fig. 45? Poderemos melhorar muito o comportamento do modelo, se combinarmos as mudanças tecnológicas com as alterações de valores que reduzem as tendências de crescimento do sistema. Combinações diferentes nessas condutas fornecem uma série de resultados de computador, os quais representam um sistema com valores razoavelmente altos de produção industrial *per capita*, e com estabilidade a longo prazo. Um exemplo desse resultado é mostrado na Fig. 46.



45. MODELO MUNDIAL COM POPULAÇÃO E CAPITAL ESTABILIZADOS

As medidas de estabilização, mostradas na Fig. 44, é acrescentada a restrição de crescimento de capital, com a exigência de que o investimento de capital seja igual à depreciação. Com a interrupção do crescimento exponencial, logra-se um estado estável temporário. No entanto, nesse estado, os níveis de população e de capital são suficientemente altos para esgotar rapidamente os recursos naturais, já que não foram adotadas técnicas visando a sua conservação. À medida que diminui a fonte de recursos, a produção industrial decresce. Embora o capital base seja mantido no mesmo nível, a eficiência diminui, uma vez que será necessário empregar mais capital na obtenção de recursos naturais, do que na fabricação de produtos utilizáveis.

As condutas que produziram o comportamento mostrado na Fig. 46 são:

1. Estabilização da população com o igualamento da taxa de natalidade à taxa de mortalidade em 1975. Crescimento natural do capital industrial até 1990, depois do que é ele também estabilizado, fixando-se a igualdade entre as taxas de investimento e de depreciação.

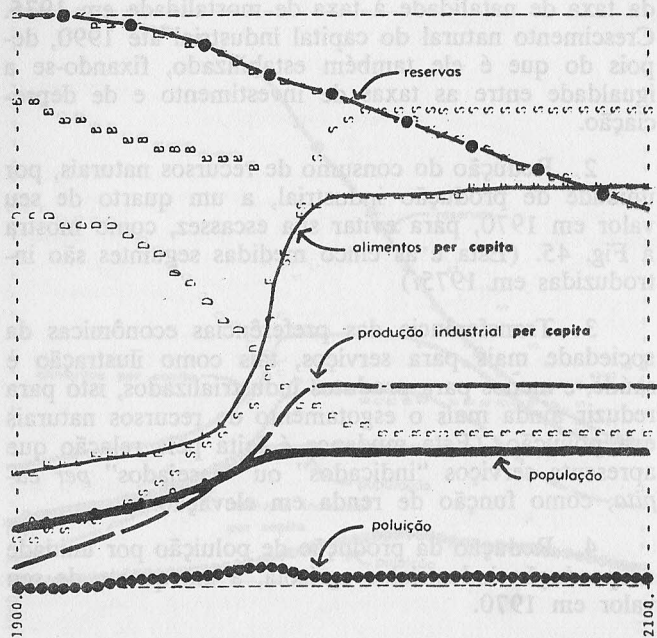
2. Redução do consumo de recursos naturais, por unidade de produção industrial, a um quarto de seu valor em 1970, para evitar sua escassez, como mostra a Fig. 45. (Esta e as cinco medidas seguintes são introduzidas em 1975.)

3. Transferência das preferências econômicas da sociedade mais para serviços, tais como ilustração e saúde, e menos para produtos industrializados, isto para reduzir ainda mais o esgotamento de recursos naturais e a poluição. (Esta mudança é feita pela relação que apresenta serviços "indicados" ou "desejados" *per capita*, como função de renda em elevação.)

4. Redução da produção de poluição por unidade de produção industrial e agrícola, a um quarto de seu valor em 1970.

5. Uma vez que, sozinhas, as condutas acima descritas resultariam em um valor um tanto baixo de alimentos *per capita*, algumas pessoas ainda continuariam desnutridas, caso persistissem as desigualdades tradicionais de distribuição. Para evitar essa situação, dá-se grande ênfase à produção suficiente de alimentos para *todas* as pessoas. O capital é então desviado para a produção de alimentos, mesmo que um tal investimento seja considerado "antieconômico". (Esta mudança é levada a cabo através da relação "indicada" de alimentos *per capita*.)

6. A ênfase na agricultura altamente capitalizada, embora necessária para produzir alimentos em quantidade suficiente, conduziria a uma rápida erosão do solo e ao esgotamento de sua fertilidade, destruindo a estabilidade a longo prazo no setor agrícola. Portanto, o uso de capital agrícola foi modificado para dar prio-



46. MODELO MUNDIAL ESTABILIZADO I

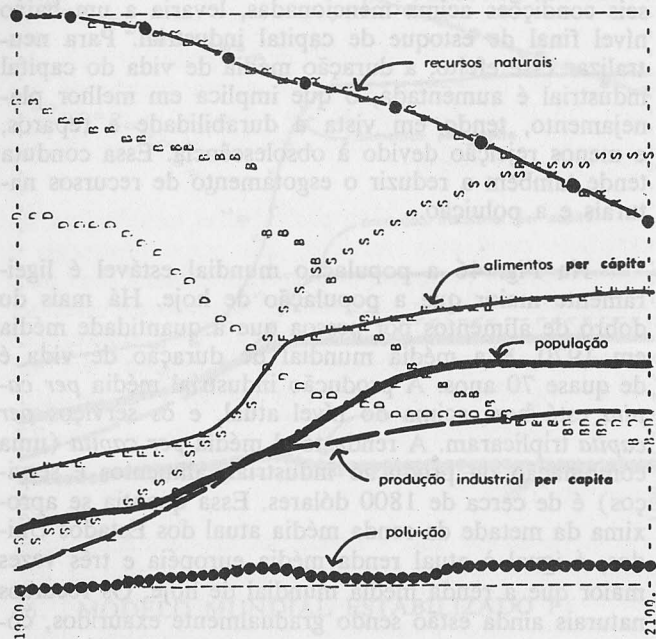
Medidas tecnológicas são acrescentadas às políticas que regulam o crescimento do processamento anterior, com o fim de produzir um estado de equilíbrio que seja sustentável em um futuro longínquo. Essas medidas incluem a reciclagem de recursos naturais, dispositivos de controle da poluição, a duração aumentada de todas as formas de capital e métodos de restauração do solo destruído pela erosão, ou que seja improdutivo. As mudanças de valores incluem uma maior ênfase na alimentação e nos serviços do que na produção industrial. Como na Fig. 45, o número de nascimentos iguala-se ao das mortes, e o investimento de capital industrial é o mesmo que a depreciação de capital. O valor estabilizado da produção industrial *per capita* é igual a três vezes a média mundial em 1970.

riedade ao enriquecimento e à preservação do solo. Essa conduta requer, por exemplo, o uso de capital para o tratamento dos detritos orgânicos urbanos e seu retorno ao solo (um processo que também reduz a poluição).

7. O escoamento do capital industrial para melhores serviços, produção de alimentos, reciclagem de recursos naturais e controle de poluição, conforme as seis condições acima mencionadas, levaria a um baixo nível final de estoque de capital industrial. Para neutralizar esse efeito, a duração média de vida do capital industrial é aumentada, o que implica em melhor planejamento, tendo em vista a durabilidade e reparos, e menos rejeição devido à obsolescência. Essa conduta tende também a reduzir o esgotamento de recursos naturais e a poluição.

Na Fig. 46 a população mundial estável é ligeiramente maior que a população de hoje. Há mais do dobro de alimentos por pessoa que a quantidade média em 1970, e a média mundial de duração de vida é de quase 70 anos. A produção industrial média *per capita* está bem acima do nível atual, e os serviços *per capita* triplicaram. A renda total média *per capita* (uma combinação da produção industrial, alimentos e serviços) é de cerca de 1800 dólares. Essa quantia se aproxima da metade da renda média atual dos Estados Unidos, é igual à atual renda média européia e três vezes maior que a renda média mundial de hoje. Os recursos naturais ainda estão sendo gradualmente exauridos, como deve acontecer em qualquer hipótese realista, mas sua taxa de esgotamento é tão lenta, que há tempo para que a tecnologia e a indústria se adaptem às mudanças de disponibilidade em recursos naturais.

As constantes numéricas que caracterizam esse processamento-modelo não são as únicas capazes de produzir um sistema estável. Outros povos ou sociedades poderiam resolver, de modo diferente, as várias opções, dando maior ou menor ênfase aos serviços, à alimentação, à poluição, ou à renda material. Este exemplo é incluído apenas como uma ilustração dos níveis de população e de capital *fisicamente sustentáveis* na terra, de acordo com as suposições mais otimistas. O mo-



47. MODELO MUNDIAL ESTABILIZADO II

Se forem removidas as estritas restrições ao crescimento do processamento anterior, e se a população e o capital forem ajustados aos atrasos naturais do sistema, o nível de equilíbrio da população será mais alto e o nível de produção industrial *per capita* será mais baixo do que na Fig. 46. A suposição, aqui, é de que o controle perfeitamente efetivo da natalidade, e uma média de dois filhos como sendo o número desejado na família, não se tornarão realidade em 1975. A taxa de natalidade aproxima-se lentamente da taxa de mortalidade, por causa dos atrasos inerentes à estrutura etária da população.

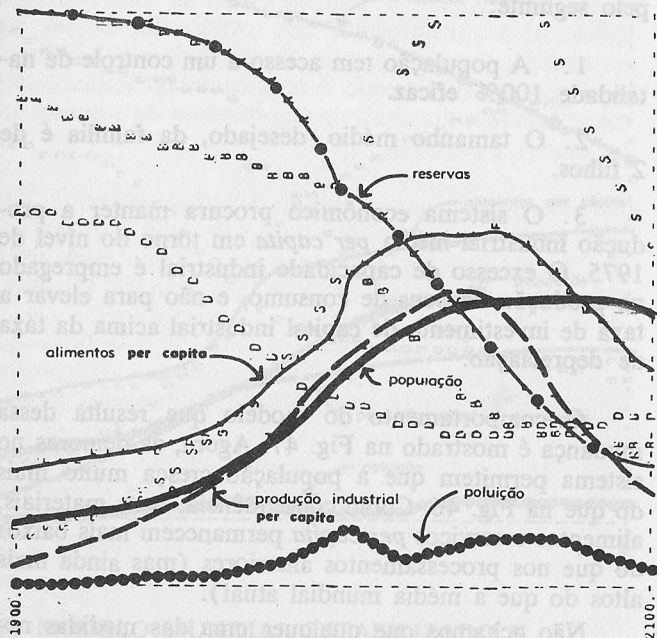
delo não nos pode dizer como alcançar esses níveis; ele pode apenas indicar um conjunto de objetivos reciprocamente constantes, que possam ser atingidos.

Agora, voltemos pelo menos na direção geral do mundo real, e abrandemos as mais irreais de nossas hipóteses — as de que podemos estabilizar, subitamente e de modo categórico, a população e o capital. Vamos supor que mantemos as seis primeiras das sete mudanças de conduta, que deram como resultado a Fig. 46, mas substituímos a primeira delas, a partir de 1975, pelo seguinte:

1. A população tem acesso a um controle de natalidade 100% eficaz.
2. O tamanho médio, desejado, da família é de 2 filhos.
3. O sistema econômico procura manter a produção industrial média *per capita* em torno do nível de 1975. O excesso de capacidade industrial é empregado na produção de bens de consumo, e não para elevar a taxa de investimento de capital industrial acima da taxa de depreciação.

O comportamento do modelo que resulta dessa mudança é mostrado na Fig. 47. Agora, as demoras no sistema permitem que a população cresça muito mais do que na Fig. 46. Como conseqüência, bens materiais, alimentos e serviços *per capita* permanecem mais baixos do que nos processamentos anteriores (mas ainda mais altos do que a média mundial atual).

Não achamos que qualquer uma das medidas necessárias para conseguir a estabilidade do sistema no modelo possa ou deva ser introduzida subitamente no mundo até 1975. Uma sociedade que escolhe a estabilidade como objetivo, certamente deve aproximar-se dela de maneira gradativa. Todavia, é importante compreender que quanto mais se permite a duração prolongada do crescimento exponencial, tanto menos possibilidades restarão para a estabilização final. A Fig. 48 mostra o resultado de uma espera até o ano 2000, para que só então se adotem as mesmas medidas que foram introduzidas em 1975, e representadas na Fig. 47.



48. MODELO MUNDIAL COM MEDIDAS ESTABILIZANTES, INTRODUZIDAS NO ANO 2000

Se todas as medidas adotadas em 1975 (na figura anterior) forem adiadas até o ano 2000, não será mais possível manter o estado de equilíbrio. Antes do ano 2100 a população e o capital industrial atingirão níveis suficientemente altos para causar escassez de alimentos e de recursos naturais.

Na Fig. 48, tanto a população como a produção industrial *per capita* alcançaram valores muito mais altos que na Fig. 47. Em consequência, a poluição se eleva a um nível mais alto e os recursos naturais se esgotam apreciavelmente, apesar das medidas de economia que, afinal, foram introduzidas. De fato, durante a demora de 25 anos (de 1975 a 2000) na adoção de medidas estabilizadoras, o consumo de recursos naturais é quase igual ao consumo total em 125 anos, de 1975 a 2100, mostrado na Fig. 47.

Muitas pessoas pensarão que as mudanças que introduzimos no modelo, para evitar o modo de comportamento expresso por crescimento-e-colapso, não são apenas impossíveis, mas desagradáveis, perigosas e até desastrosas em si mesmas. Medidas, tais como a redução da taxa de natalidade e o desvio do capital que era destinado à produção de bens materiais, quaisquer que sejam os meios usados para sua execução, parecem anormais e inconcebíveis porque, segundo a experiência de muitos, não foram postos a prova, nem mesmo propostos com seriedade. Na verdade, mesmo se vissemos uma possibilidade de que os padrões atuais de crescimento ilimitado pudessem manter-se no futuro, ainda haveria pouca finalidade em discutir tais mudanças, que são fundamentais para o funcionamento da sociedade moderna. No entanto, todos os indícios de que dispomos sugerem que, das três alternativas — crescimento ilimitado, auto-imposição de uma limitação de crescimento, ou uma limitação imposta pela natureza — somente as duas últimas são realmente possíveis.

A aceitação dos limites de crescimento impostos pela natureza não exige maior esforço, senão o de deixar que as coisas corram naturalmente, e esperar para ver o que acontece. O resultado mais provável dessa decisão, como tentamos mostrar aqui, será uma diminuição incontrollável da população e do capital. É difícil avaliar o significado real desse colapso, porque ele poderá tomar formas bastante diferentes. Poderá ocorrer em épocas diferentes e em diferentes partes do mundo, ou poderá ocorrer no mundo inteiro. Poderá ser súbito ou gradativo. Se o primeiro limite a ser alcançado for o de produção de alimentos, os países não-industrializados sofrerão a maior redução de popu-

lação. Se o primeiro limite for imposto pelo esgotamento de recursos naturais não-renováveis, os países industrializados serão os mais afetados. É possível que o colapso não diminuísse a capacidade da terra para manter a vida animal e vegetal, ou pode ser que a capacidade de manutenção fosse reduzida ou destruída. Certamente, qualquer que fosse a fração da população humana restante no final do processo, ela teria muito pouco com que construir uma nova sociedade, sob qualquer forma imaginável no presente.

Seria necessário muito esforço para se conseguir uma autolimitação de crescimento. Isso requereria que se aprendesse a fazer muitas coisas de várias maneiras. Sobrecarregaria a engenhosidade, a flexibilidade e a autodisciplina da raça humana. A supressão controlada e deliberada do crescimento é um desafio enorme, difícil de enfrentar. Seria o resultado final digno do esforço despendido? O que ganharia a humanidade com uma tal transição e o que perderia? Consideremos com maiores detalhes como seria um mundo sem crescimento.

O estado de equilíbrio

Na história da humanidade, não somos de modo algum os primeiros a propor um certo estado de não crescimento para a sociedade humana. Muitos filósofos, economistas e biólogos discutiram esse estado, e deram-lhe tantos nomes diferentes quantos eram os significados*.

(*) Ver, por exemplo:

Platão, *Leis*, 350 a.C.

ARISTÓTELES, *Política*, 322 a.C.

THOMAS ROBERT MALTHUS, *An Essay on the Principle of Population*, 1798.

JOHN STUART MILL, *Principles of Political Economy*, 1857.

HARRISON BROWN, *The Challenge of Man's Future*. (New York, Viking Press, 1954.)

KENNETH E. BOULDING, "The Economics of the Coming Spaceship Earth" em *Environmental Quality in a Growing Economy*, ed. H. Jarret. (Baltimore, Md. Johns Hopkins Press, 1966.)

E. J. MISHAN, *The Costs of Economic Growth*. (New York, Frederick A. Praeger, 1967.)

HERMAN E. DALY, "Toward a Stationary-State Economy, em *The Patient Earth*, ed. J. Harte & Robert Socolow. (New York, Holt, Rinehart, and Winston, 1971.)

Decidimos, depois de muita discussão, denominar o estado constante de população e capital mostrado nas Figs. 46 e 47, estado de "equilíbrio". Equilíbrio significa um estado de estabilidade ou igualdade entre forças contrárias. Nos termos dinâmicos do modelo mundial, as forças contrárias são aquelas que causam o aumento da população e do estoque de capital (intenso desejo de ter família numerosa, baixa eficiência no controle da natalidade, taxa alta de investimento de capital), e as que causam diminuição da população e do estoque de capital (falta de alimento, poluição, taxa alta de depreciação ou obsolescência). A palavra "capital" deve ser entendida como a combinação do capital agrícola, industrial e de serviço. Assim, a mais básica definição do estado de equilíbrio global é que a população e o capital são essencialmente estáveis, estando as forças que tendem a aumentá-los ou diminuí-los em um estado de equilíbrio cuidadosamente controlado.

Esta definição comporta muita variação. Apenas especificamos que os estoques de capital e a população permanecem constantes, mas, teoricamente, eles podem ser constantes em um nível alto ou baixo ou então, um pode ser alto e o outro baixo. Um tanque de água pode ser mantido em um determinado nível com um influxo e um escoamento de água rápidos, ou com um filete vagaroso que caia para dentro e para fora. Se o fluxo for rápido, a quantidade média de água caída no tanque permanecerá nele menos tempo do que se o fluxo for lento. Do mesmo modo, uma população estável e de qualquer tamanho pode ser conseguida tanto com taxas de natalidade e mortalidade igualmente altas (curta duração média de vida), como com taxas de nascimento e mortalidade igualmente baixas (longa duração média de vida). Um estoque de capital pode ser mantido, tanto com taxas altas, como com taxas baixas de investimento e de depreciação. Qualquer combinação destas possibilidades poderia enquadrar-se em nossa definição básica de equilíbrio global.

Que critérios podem ser usados para escolher entre as diversas opções existentes no estado de equilíbrio? As interações dinâmicas no sistema mundial indicam que a primeira decisão que deve ser tomada diz respeito ao tempo. Quanto tempo deveria durar o estado de equilíbrio? Se a sociedade estiver interessada somente em

um espaço de tempo de 6 meses ou um ano, o modelo mundial indica que quase qualquer nível de população e de capital poderá ser mantido. Se o horizonte de tempo for ampliado para 20 ou 50 anos, as opções ficarão bastante reduzidas, porque as taxas e os níveis devem ser ajustados, para garantir que a taxa de investimento de capital não fique limitada pela disponibilidade de matérias-primas durante esse espaço de tempo; ou que a taxa de mortalidade não seja incontavelmente influenciada pela poluição ou pela escassez de alimentos. Quanto mais tempo a sociedade preferir manter o estado de equilíbrio, tanto mais baixos deverão ser as taxas e os níveis.

Naturalmente, atingido o limite, nenhum nível de capital ou de população pode ser mantido para sempre, mas esse limite ficará muito distante no tempo, se os recursos naturais forem utilizados racionalmente, e se houver um horizonte de tempo suficientemente amplo no planejamento. Tomemos como um horizonte de tempo razoável a expectativa de vida de uma criança nascida amanhã — 70 anos —, se receber alimentação e cuidados médicos adequados. Já que a maioria das pessoas gasta uma grande parte de seu tempo e energia criando filhos, elas poderão escolher, como seu objetivo mínimo, que a sociedade deixada a essas crianças possa ser mantida durante todo o tempo em que seus filhos viverem.

Se o horizonte de tempo da sociedade for de 70 anos, os níveis permissíveis de população e de capital não poderão ser muito diferentes dos que existem hoje, como indica o processamento de equilíbrio na Fig. 47 (o qual, naturalmente, constitui apenas uma, dentre as várias possibilidades). Contudo, as taxas seriam consideravelmente diferentes das de hoje. Qualquer sociedade preferiria, sem dúvida, que a taxa de mortalidade fosse baixa, em vez de alta, já que uma vida longa e sadia parece ser um desejo humano universal. Para manter o equilíbrio, com uma expectativa de vida longa, a taxa de natalidade deve também ser baixa. Seria melhor, também, se as taxas de investimento de capital e de depreciação fossem baixas, porque quanto mais baixas elas forem, tanto menores serão o esgotamento dos recursos naturais e a poluição. O esgotamento e a poluição, mantidos a um mínimo, poderiam, ou au-

mentar ao máximo a população e os níveis de capital, ou então aumentar a duração do tempo em que o estado de equilíbrio pudesse ser mantido, dependendo da meta preferida pela sociedade total.

Através da escolha de um horizonte de tempo razoavelmente longo para a sua existência, e uma média longa de duração de vida, como um objetivo desejável, chegamos a um conjunto mínimo de exigências para se ter o estado de equilíbrio global. São elas:

1. *A fonte de capital e a população devem ser constantes em tamanho.* A taxa de natalidade é igual à taxa de mortalidade, e a taxa de investimento é igual à de depreciação.

2. *Todas as taxas de aplicação de recursos e de produção — nascimentos, mortes, investimentos e depreciação — devem ser mantidas dentro de um mínimo.*

3. *Os níveis de capital e de população e a sua proporção devem ser fixados de acordo com os valores da sociedade.* Eles podem ser deliberadamente revisados e ajustados vagarosamente, à medida que os avanços tecnológicos criem novas opções.

Um equilíbrio assim definido não significa estagnação. Dentro das duas primeiras diretrizes mencionadas acima, as corporações poderiam desenvolver-se ou fracassar; as populações locais poderiam crescer ou decrescer; e a renda poderia ser distribuída com maior ou menor equidade. Os avanços tecnológicos permitiriam o aumento lento dos serviços proporcionados por um estoque de capital constante. Dentro da terceira diretriz, qualquer país poderia mudar seu padrão médio de vida, alterando o equilíbrio entre sua população e seu capital. Além disso, uma sociedade poderia ajustar-se a fatores internos ou externos em mutação, aumentando ou diminuindo a população, ou o estoque de capital, ou ambos, fazendo-o vagarosamente e de uma maneira controlada, tendo em mente um objetivo predeterminado. Os três pontos acima definem um equilíbrio *dinâmico*, que não precisaria “paralisar”, e que provavelmente não paralisaria o mundo na configuração população-capital que, por acaso, existe no momento presente. A finalidade da aceitação das três afirmações acima é criar liberdade para a sociedade, e não impor-lhe uma camisa-de-força.

Como seria a vida em semelhante estado de equilíbrio? As inovações seriam sufocadas? A sociedade permaneceria trancada dentro dos padrões de desigualdade e de injustiça que vemos no mundo de hoje? Uma discussão dessas questões deve processar-se na base de modelos mentais, pois não há modelo formal de condições sociais no estado de equilíbrio. Ninguém pode prever que tipos de instituições a humanidade poderá desenvolver nestas novas condições. Naturalmente, não há garantia de que a nova sociedade seria muito melhor, ou mesmo muito diferente da que existe hoje. Parece possível, no entanto, que uma sociedade eximida de lutar com os vários problemas causados pelo crescimento, disponha de mais energia e engenhosidade para resolver outros problemas. De fato acreditamos, como ilustraremos depois, que a evolução de uma sociedade que favoreça inovações e desenvolvimento tecnológico, uma sociedade baseada em igualdade e justiça, tem muito mais probabilidade de evoluir em um estado de equilíbrio global, do que no estado de crescimento por que passamos hoje.

Crescimento no estado de equilíbrio

John Stuart Mill escreveu em 1857:

É quase desnecessário acentuar que uma condição estacionária de capital e de população não resulta em um estado estacionário de melhoramento humano. Haveria tanto campo como sempre houve para todos os tipos de cultura mental, e progresso moral e social; a mesma oportunidade para melhorar a Arte de Viver, e muito mais probabilidade de melhorá-la⁴⁹.

População e capital são as únicas quantidades que precisam ser constantes no estado de equilíbrio. Qualquer atividade humana que não requeira um grande fluxo de recursos naturais insubstituíveis, ou não produza uma deterioração severa do meio ambiente, poderia continuar crescendo indefinidamente. Especialmente, poderiam prosperar as atividades que muitas pessoas arrolariam como sendo as mais desejáveis e satisfatórias ao homem — instrução, arte, música, religião, pesquisas científicas fundamentais, atletismo e interações sociais.

Todas as atividades mencionadas acima dependem muitíssimo de dois fatores. Primeiro, da disponibilidade de alguma produção excedente, depois de satisfeitas as necessidades humanas básicas de alimentação e abrigo. Segundo, elas exigem tempo de lazer. Em qualquer estado de equilíbrio, os níveis relativos de capital e de população poderiam ser ajustados, para assegurar a satisfação das necessidades materiais do homem, em qualquer nível desejado. Como a quantidade de produção material seria essencialmente estável, toda melhoria nos métodos de produção poderia resultar em aumento de lazer para a população — folga que poderia ser aplicada em qualquer atividade que, relativamente, não provocasse consumo e poluição, como as mencionadas acima. Assim, esta infortunada situação descrita por Bertrand Russell poderia ser evitada:

Suponhamos que, em dado momento, um certo número de pessoas esteja empenhado na fabricação de alfinetes. Trabalhando, digamos, oito horas por dia, elas fabricariam tantos alfinetes quantos o mundo necessitasse. Alguém inventa um processo, através do qual o mesmo número de pessoas pode fabricar duas vezes mais alfinetes que antes. Mas o mundo não precisa do dobro de alfinetes, e eles já são tão baratos que dificilmente qualquer quantidade adicional será comprada a preço mais baixo. Em um mundo sensato, todas as pessoas envolvidas na fabricação de alfinetes passariam a trabalhar quatro horas em vez de oito, e tudo o mais continuaria como antes. Mas, no mundo real, isto seria considerado desmoralizante. Os homens ainda trabalham oito horas, há alfinetes em demasia, alguns empregadores vão à falência, e a metade dos homens previamente empregados na fabricação de alfinetes são despedidos. Há, no fim, tanto tempo de lazer como no outro plano, mas a metade dos homens está totalmente inativa, ao passo que a outra metade ainda está sobrecarregada de trabalho. Deste modo fica assegurado que o lazer inevitável causará miséria por toda parte, em vez de ser uma fonte universal de felicidade. Pode-se imaginar algo mais insensato?⁵⁰

Mas, em um mundo onde todas as necessidades materiais básicas são preenchidas, e a produção adicional não é permitida, será que ocorreriam melhorias tecnológicas que permitissem a produção mais eficiente de alfinetes, ou de qualquer outra coisa? Será que o homem precisa ser pressionado pela miséria, e pelo

incentivo do crescimento material, para que invente melhores maneiras de fazer as coisas?

O testemunho histórico indicaria que muito poucas invenções de importância vital foram feitas por homens que tiveram que gastar toda sua energia superando as pressões imediatas de sobrevivência. A energia atômica foi descoberta nos laboratórios de ciências básicas por indivíduos que não tinham qualquer noção de ameaça de esgotamento dos combustíveis fósseis. As primeiras experiências em genética, que cem anos depois levaram a colheitas agrícolas altamente produtivas, deram-se na paz de um mosteiro europeu. A urgente necessidade humana pode ter forçado a aplicação destas descobertas básicas a problemas práticos, mas só a ausência de necessidade produziu o conhecimento necessário para as aplicações práticas.

No estado de equilíbrio, o avanço tecnológico seria tão necessário quanto apreciado. Alguns poucos exemplos óbvios dos tipos de descobertas práticas que intensificariam o funcionamento de uma sociedade em estado estável, incluem:

- novos métodos de coleta de resíduos para diminuir a poluição, e tornar o material rejeitado disponível para reciclagem;
- técnicas mais eficientes de reciclagem, para reduzir as taxas de esgotamento dos recursos naturais;
- melhores planejamentos de produtos para aumentar sua durabilidade, e facilitar os reparos, de modo que a taxa de depreciação de capital seja reduzida ao mínimo;
- utilização da energia solar incidente, a fonte de energia mais livre de poluição;
- métodos de controle natural de pragas, baseados em um conhecimento mais completo das inter-relações ecológicas;
- progressos médicos capazes de diminuir a taxa de mortalidade;
- progresso nos anticoncepcionais capazes de facilitar a uniformização da taxa de natalidade com a taxa decrescente de mortalidade.

Quanto ao incentivo que encorajaria os homens a produzirem esses avanços tecnológicos, poderia haver algo melhor do que o conhecimento de que uma nova idéia seria transformada em um progresso visível na qualidade de vida? Historicamente, a extensa lista de novas invenções da humanidade resultou em excesso de gente, deterioração do meio ambiente, e em maior desigualdade social, porque uma produtividade maior foi absorvida pelo crescimento de população e de capital. Não há razão por que uma produtividade maior não possa transformar-se em padrão de vida mais alto, ou em mais tempo livre, ou em um meio ambiente mais agradável para todos; basta que esses objetivos substituam o crescimento como sendo o valor fundamental da sociedade.

Igualdade no estado de equilíbrio

Um dos mitos mais aceitos na sociedade atual é a promessa de que uma continuação do nosso presente padrão de crescimento levará à igualdade humana. Demonstramos, em várias partes deste livro, que os padrões atuais de crescimento de população e de capital estão realmente aumentando a diferença entre o rico e o pobre, em âmbito mundial; e que o resultado final de uma constante tentativa de crescer, de acordo com os padrões atuais, será um colapso desastroso.

O maior obstáculo possível para uma distribuição mais equitativa dos recursos mundiais é o crescimento demográfico. Parece ser uma observação universal, lamentável mas compreensível, que à medida que aumenta o número de pessoas com quem deve ser distribuída uma quantidade fixa de recursos, a uniformidade da distribuição diminui. Se a quantidade média disponível por pessoa não for suficiente para manter a vida, a partilha uniforme tornar-se-á um suicídio social. Os estudos da FAO sobre a distribuição de alimentos têm, realmente, documentado essa observação geral.

A análise das curvas de distribuição mostra que, quando as provisões de alimento de um grupo diminuem, acentuam-se as desigualdades no consumo, enquanto que o número de famílias subnutridas aumenta mais que em

proporção aos desvios da média. Além do mais, o déficit no consumo de alimentos aumenta com o tamanho das famílias, de maneira que as famílias grandes, e especialmente seus filhos são, estatisticamente, os mais passíveis de se tornarem subalimentados⁵¹.

Em um estado de equilíbrio a longo prazo, os níveis relativos de população e capital, e suas relações com restrições constantes, tais como terra, água doce e recursos minerais, teriam que ser regulados de maneira que houvesse alimentação e produção material suficientes para pelo menos sustentar todos em um nível de subsistência. Uma barreira para a distribuição equitativa seria assim afastada. Além disso, a outra eficiente barreira contra a igualdade — a promessa de crescimento — não poderia mais ser mantida, como salientou o Dr. Herman E. Daly:

Por várias razões, o importante problema do estado estacionário será a distribuição e não a produção. O problema da participação relativa não pode mais ser evitado com a apelação para o crescimento. O argumento segundo o qual todos deveriam ficar felizes, desde que a sua parte absoluta de riqueza aumente, independentemente de sua porção relativa, não é mais válido... O estado estacionário exigiria menos dos recursos ambientais, mas requeria muito mais de nossos recursos morais⁵².

Não há, naturalmente, garantia de que os recursos morais da humanidade seriam suficientes para resolver o problema da distribuição de renda, mesmo em um estado de equilíbrio. Entretanto, há ainda menos certeza de que esses problemas sociais serão resolvidos no estado atual de crescimento, o qual está extenuando, tanto os recursos morais da população mundial, quanto os físicos.

Sem dúvida, a imagem do estado de equilíbrio que delineamos aqui é idealizada. Talvez seja impossível atingi-lo na forma descrita, e talvez ele não seja a forma que a maioria da população do globo escolheria. A única finalidade em descrevê-lo é acentuar que um equilíbrio global não precisa significar o fim do progresso ou do desenvolvimento humano. As possibilidades dentro de um estado de equilíbrio são quase ilimitadas.

Um estado de equilíbrio não seria livre de pressões, uma vez que nenhuma sociedade pode livrar-se

delas. O equilíbrio exigiria a troca de certas liberdades humanas — como a produção de um número ilimitado de filhos, ou o consumo descontrolado de recursos naturais — por outras liberdades, como a atenuação da poluição e do excesso de pessoas, e da ameaça de colapso no sistema mundial. É possível que novas liberdades possam, também, surgir — instrução universal e ilimitada, tempo livre para criatividade e inventividade e, o mais importante, ver-se livre da fome e da pobreza, o que é desfrutado por uma fração bem pequena da população mundial de hoje.

A transição do crescimento para o equilíbrio global

Podemos dizer muito pouco neste momento sobre as medidas práticas e diárias que podem ser tomadas para se alcançar um estado de equilíbrio global que seja desejável e sustentável. Nem o modelo mundial, nem nossas próprias idéias, foram desenvolvidos com bastantes detalhes para compreender todas as implicações da transição do crescimento para o equilíbrio. Antes que qualquer parte da sociedade humana se envolva, deliberadamente, em semelhante transição, deverá haver muito mais discussão, uma análise mais ampla, e muitas idéias novas apresentadas por diferentes pessoas. Se tivermos estimulado cada leitor deste livro, para que comece a pensar na maneira como essa transição possa ser realizada, teremos conseguido, com êxito, o nosso objetivo imediato.

Sem dúvida, muito mais informações são necessárias para lograr a transição para o equilíbrio global. No decorrer do exame minucioso dos dados mundiais, e de sua incorporação dentro de um modelo organizado, ficamos cientes da grande necessidade de obter mais *fatos* — para os números que são cientificamente mensuráveis, mas que ainda não foram calculados. No modelo, as deficiências mais óbvias no conhecimento atual, encontram-se no setor da poluição. Quanto tempo leva um poluente para transportar-se do seu ponto de origem ao ponto de entrada no corpo humano? Será que o tempo exigido para a transformação de qualquer poluente em elemento inofensivo depende do nível de poluição? Será que diferentes poluentes, atuando em

conjunto, têm um efeito sinérgico sobre a saúde humana? Quais são os efeitos, a longo prazo, que dosagens baixas exercem sobre os seres humanos e outros organismos? Também existe uma necessidade de mais informação sobre as taxas de erosão do solo e de desgaste da terra, quando submetidos às intensas práticas agrícolas modernas.

Da nossa posição vantajosa como analistas de sistemas, naturalmente, recomendaríamos que a busca de fatos não se desse ao acaso, mas fosse controlada por uma ênfase maior na organização de uma *estrutura de sistema*. O comportamento de todos os complexos sistemas sociais é primordialmente determinado pela trama das relações físicas, biológicas, psicológicas e econômicas que liga qualquer população humana, seu ambiente natural e suas atividades econômicas. Até que as estruturas básicas do nosso sistema sócio-econômico sejam cuidadosamente analisadas, elas não poderão ser eficientemente tratadas; exatamente como um automóvel não pode ser conservado em boas condições de funcionamento, sem um conhecimento da maneira como suas diversas partes influenciam umas às outras. Estudos sobre a estrutura de sistemas podem revelar que a introdução no sistema de alguns simples mecanismos estabilizadores solucionará muitas dificuldades. Já tem havido sugestões interessantes dentro dessa orientação; por exemplo, a de que o custo total da poluição e do esgotamento de recursos naturais seja incluído no preço do produto; ou que todo usuário de água de rio seja obrigado a retirar a água *abaixo* do local de desagüamento.

A informação final, mais indefinível e importante de que necessitamos, refere-se a valores humanos. Logo que uma sociedade reconhece que não pode dar o máximo a todos, ela precisa começar a fazer opções. Deveria haver mais gente ou mais riqueza, mais regiões incultas ou mais automóveis, mais alimentos para os pobres ou mais serviços para os ricos? A essência do processo político é encontrar respostas sociais para questões como essas, e transformar as respostas em planos de ação. Contudo, poucas pessoas em qualquer sociedade compreendem que essas opções estão sendo feitas diariamente e, em número bem menor ainda, perguntam a si mesmas quais seriam suas próprias op-

ções. A sociedade equilibrada terá que examinar as alternativas criadas em uma terra finita, levando em consideração, não somente os valores humanos atuais, mas também as gerações futuras. Para isto, a sociedade precisará de melhores recursos do que os existentes hoje, a fim de esclarecer as alternativas realistas viáveis, estabelecer objetivos sociais, e realizar as alternativas mais compatíveis com esses objetivos. Porém, o mais importante é que os objetivos a longo prazo sejam especificados, e os objetivos a curto prazo sejam compatíveis com eles.

Embora salientemos a necessidade de mais estudo e debate sobre estas difíceis questões, concluímos com uma observação que traz um cunho de urgência: esperamos que estudos intensivos e debates prossigam simultaneamente com um programa de ação em andamento. Os detalhes ainda não estão especificados, mas o sentido geral de ação está definido. Já se conhece o suficiente para se fazer uma análise das diversas medidas sugeridas, em termos de suas tendências para incentivar ou regular o crescimento. Muitas nações adaptaram ou estão considerando programas para estabilizar suas populações. Algumas áreas específicas estão também tentando reduzir suas taxas de crescimento econômico⁵³. No momento, estes esforços são fracos, mas poderiam ser reforçados muito rapidamente, se o equilíbrio, como objetivo, fosse reconhecido por uma parte considerável da sociedade humana como algo desejável e importante.

Temos acentuado repetidamente a importância dos atrasos naturais no sistema mundial população-capital. Por exemplo, estes atrasos significam que, se a taxa de natalidade no México decaísse gradualmente do seu valor atual para um valor substitutivo exato no ano 2000, a população do país continuaria a crescer até o ano 2060. Durante esse período, a população cresceria de 50 milhões para 130 milhões⁵⁴. Se a população dos Estados Unidos produzisse dois filhos por família, a partir de agora, e se não houvesse um balanço positivo de imigração, a população continuaria a crescer até o ano de 2037, e aumentaria de 200 milhões para 266 milhões⁵⁵. Se a população mundial, como um todo, alcançasse o tamanho de substituição na família, por volta do ano 2000 (quando a população seria de

5,8 bilhões), os atrasos causados pela estrutura etária determinariam uma estabilização final da população em 8,2 bilhões⁵⁶ (admitindo-se que a taxa de mortalidade não aumentaria antes desta época — uma suposição improvável, de acordo com os resultados do nosso modelo).

Não tomar medidas para solucionar tais problemas equivale a tomar medidas enérgicas. Cada dia de crescimento exponencial continuado aproxima o sistema mundial dos limites finais desse crescimento. Uma decisão de não fazer nada é uma decisão que faz aumentar o risco de colapso. Não podemos dizer com certeza por quanto tempo mais a humanidade pode adiar o início do controle deliberado de seu crescimento, antes que perca a oportunidade de controlá-lo. Suspeitamos, baseados no conhecimento atual das restrições físicas do planeta, que a fase de crescimento não pode continuar por outros cem anos. Por outro lado, devido aos atrasos no sistema, se a sociedade global esperar até que essas restrições se tornem inequivocamente manifestas, ela terá esperado demais.

Se existe razão para uma preocupação profunda, há também uma causa para esperança. Seria difícil, mas não impossível, limitar deliberadamente o crescimento. A maneira de proceder é clara, e as medidas necessárias, embora novas para a sociedade, estão bem dentro da capacidade humana. O homem possui, durante um pequeno momento de sua história, a combinação mais poderosa de conhecimentos, meios e recursos que o mundo jamais conheceu. Ele possui tudo o que é fisicamente necessário para criar uma forma inteiramente nova de sociedade humana — uma sociedade que seria construída para sobreviver durante gerações e gerações. Os dois componentes ausentes são: um objetivo realista a longo prazo, capaz de conduzir a humanidade para a sociedade equilibrada, e a vontade humana de alcançar esse objetivo. Sem esse objetivo e um compromisso firmado com ele, os interesses a curto prazo produzirão o crescimento exponencial, que levará o sistema mundial aos limites do nosso planeta, e ao colapso definitivo. Com tal objetivo, e com esse compromisso, a humanidade estaria agora pronta para iniciar uma transição ordeira e controlada, do crescimento ao equilíbrio global.

Comentário

Quando convidamos a equipe do MIT para realizar esta investigação, tínhamos em mente dois objetivos imediatos. O primeiro consistia em obter uma visão mais clara dos limites do nosso sistema mundial e das restrições que ele impõe à população humana e suas atividades. Hoje em dia, mais do que nunca, o homem tende para o crescimento contínuo, e muitas vezes acelerado — da população, da ocupação das terras, da produção, do consumo, dos resíduos etc. — supondo, irracionalmente, que seu meio ambiente permitirá tal expansão, que outros grupos cederão, ou que a ciência e a tecnologia removerão os obstáculos. Queríamos explorar o grau em que esta atitude, em relação ao cres-

cimento, é compatível com as dimensões do nosso planeta finito, e com as necessidades fundamentais da sociedade mundial em formação — desde a redução das tensões sociais e políticas, até o melhoramento da qualidade de vida para todos.

Um segundo objetivo era ajudar a identificar e estudar os elementos dominantes que influem no comportamento dos sistemas mundiais a longo prazo, bem como suas interações. Acreditamos que esse conhecimento não possa ser acumulado pela concentração da atenção em sistemas nacionais, e análises de curto alcance, como é o costume atual. O projeto não pretendia ser uma obra de futurologia. Ele pretendia ser, e é, uma análise das tendências atuais, de sua influência mútua, e de seus possíveis resultados. Nosso objetivo era advertir sobre uma possível crise mundial, caso permitíssemos a continuação destas tendências, e assim oferecer uma oportunidade para fazer mudanças em nossos sistemas políticos, econômicos e sociais, com o fim de evitar que a crise aconteça.

O relatório alcançou plenamente os seus objetivos. Ele representa um passo audacioso para uma análise conjunta e integrada da situação mundial, um método de estudo que agora exigirá anos para ser aperfeiçoado, aprofundado e ampliado. No entanto, este relatório é apenas um primeiro passo. Os limites de crescimento que ele examina são apenas os mais distanciados limites físicos impostos pela limitação do sistema mundial. Na realidade, esses limites tornam-se ainda mais reduzidos pelas restrições políticas, sociais e institucionais, pela distribuição desigual da população e dos recursos naturais, e pela nossa incapacidade de lidar com sistemas complexos e muito grandes.

Mas o relatório cumpre outros propósitos. Ele oferece sugestões experimentais para o estado futuro do mundo, e abre novas perspectivas para que os esforços intelectual e prático continuados modelem esse futuro.

Apresentamos os resultados deste relatório em duas reuniões internacionais, ambas realizadas no verão de 1971, uma em Moscou e a outra no Rio de Janeiro. Embora tenham sido levantadas várias questões e críticas, não houve desacordo substancial com as perspectivas nele delineadas. Um esboço preliminar do re-

latório também foi submetido a cerca de quarenta pessoas, a maioria delas membros do Clube de Roma. Talvez seja interessante mencionar alguns dos pontos que suscitaram críticas:

1. Como os modelos podem acomodar somente um número limitado de variáveis, as interações estudadas são apenas parciais. Foi assinalado que em um modelo global, como o usado neste estudo, também o grau de agregação é necessariamente alto. No entanto, foi geralmente reconhecido que, com um simples modelo mundial, é possível examinar o efeito de uma alteração nas suposições básicas, ou simular o efeito de uma mudança nos planos de ação, para ver como estas alterações influem sobre o comportamento do sistema, com o transcorrer do tempo. No mundo real, uma experiência semelhante seria longa, dispendiosa, e em muitos casos impossível.

2. Sugeriu-se que não foi dada importância suficiente às possibilidades de progressos científicos e tecnológicos, na solução de certos problemas, como o desenvolvimento de métodos anticoncepcionais infalíveis, a produção de proteína a partir de combustíveis fósseis, a produção ou a captação de energia virtualmente ilimitada (incluindo a energia solar, livre de poluição) e seu uso subsequente na sintetização de alimentos a partir do ar e da água, e a extração de minerais das rochas. Concordou-se, contudo, que esses desenvolvimentos provavelmente viriam tarde demais para evitar um desastre demográfico ou ambiental. De qualquer modo, em vez de evitar a crise, eles apenas a adiariam, porque a problemática consiste em questões que requerem algo mais que soluções técnicas.

3. Outros acharam que a possibilidade de se descobrirem estoques de matérias-primas, em áreas ainda não suficientemente exploradas, era muito maior que a admitida no modelo. Mas, repetimos, estas descobertas apenas adiariam a escassez, em vez de eliminá-la. Deve-se reconhecer, no entanto, que a extensão da disponibilidade de recursos naturais, por várias décadas, daria ao homem tempo para encontrar corretivos.

4. Alguns consideraram o modelo muito “tecnocrático”, observando que ele não incluía fatores sociais críticos, como os efeitos da adoção de diferentes sistemas de valores. O presidente da reunião de Moscou resumiu esse ponto, quando disse “O homem não é um simples instrumento biocibernético”. Esta crítica é prontamente aceita. O modelo atual considera o homem apenas em seu sistema material, simplesmente porque elementos sociais válidos não puderam ser planejados e introduzidos neste primeiro esforço. No entanto, apesar da orientação material do modelo, as conclusões do estudo sugerem a necessidade de uma mudança fundamental nos valores da sociedade.

Em geral, a maioria dos que leram o relatório concordou com sua posição. Além disso, está claro que, se os argumentos nele apresentados (mesmo depois de levadas em conta as críticas justificáveis) forem considerados válidos em princípio, seu significado dificilmente poderá ser superestimado.

Muitos críticos compartilharam nossa crença de que o significado essencial do projeto se encontra nos seus conceitos globais, porque é pelo conhecimento dos conjuntos que adquirimos conhecimento dos componentes, e não vice-versa. O relatório apresenta, de maneira direta, as alternativas com que se defrontam não uma nação ou povo, mas todas as nações e todos os povos, forçando, assim, o leitor a elevar a sua mira às dimensões da problemática mundial. Uma inconveniência desse modo de ver é que, naturalmente — dada a heterogeneidade da sociedade mundial, das estruturas políticas nacionais, e dos níveis de desenvolvimento — as conclusões do estudo, embora válidas para o nosso planeta como um todo, não se aplicam, em seus detalhes, a nenhum país ou região em particular.

É verdade que, na prática, os acontecimentos mundiais ocorrem esporadicamente, em pontos de tensão, e não generalizada ou simultaneamente, em todo o planeta. Assim, mesmo que as conseqüências antecipadas pelo modelo ocorressem devido à inércia humana e às dificuldades políticas, sem dúvida elas apareceriam, primeiro, em uma série de crises e desastres locais.

Mas, provavelmente, não é menos verdade que essas crises teriam repercussões mundiais, e que muitas

nações e povos, seja pela adoção de ações corretivas apressadas, seja pelo recuo ao isolacionismo, ao tentarem sua auto-suficiência, apenas agravariam as condições que operam no sistema como um todo. No final, a interdependência dos vários componentes do sistema mundial tornaria inúteis tais medidas. A guerra, as epidemias, a procura intensa de matérias-primas pelos sistemas econômicos industriais, ou uma decadência econômica generalizada, levariam a uma desintegração social contagiante.

Finalmente, o relatório foi considerado particularmente valioso por chamar a atenção para a natureza exponencial do crescimento humano, dentro de um sistema fechado, conceito que é raramente mencionado ou levado em consideração nos programas práticos de ação, apesar de seu imenso significado para o futuro do nosso planeta finito. O projeto MIT dá uma explicação ponderada e sistemática para tendências, das quais o povo tem apenas um conhecimento indistinto.

As conclusões pessimistas do relatório têm sido, e sem dúvida continuarão a ser, matéria de discussão. Muitos acreditarão que, quanto ao crescimento da população, por exemplo, a natureza tomará medidas corretivas, e que as taxas de natalidade diminuirão, antes que sobrevenha uma catástrofe. Outros podem simplesmente sentir que as tendências identificadas no estudo estão fora do alcance do controle humano; estas pessoas esperarão que “alguma coisa aconteça”. Ainda outros, nutrirão a esperança de que pequenas correções nas diretrizes atuais levem a um reajustamento gradual e satisfatório, e possivelmente ao equilíbrio. E muitos outros estão propensos a confiar na tecnologia, senhora de uma suposta cornucópia de panacéias.

Acolhemos com prazer e encorajamos esse debate. Achamos importante verificar as verdadeiras dimensões da crise com que se defronta a humanidade, e os níveis de gravidade que ela pode alcançar nas próximas décadas.

A julgar pelas respostas que recebemos ao rascunho do relatório por nós distribuído, acreditamos que este livro levará um número cada vez maior de pessoas, em todo o mundo, a perguntar seriamente a si mesmas, se o ímpeto de crescimento atual não poderia ultrapassar a capacidade de manutenção deste planeta — e a

considerar as alternativas aterradoras que essa ultrapassagem de limites representaria para nós mesmos, nossos filhos e nossos netos.

Como é que nós, os patrocinadores deste projeto, o avaliamos? Não podemos falar definitivamente por todos os nossos colegas do Clube de Roma, porque entre eles existem diferenças de interesse e de opinião. Mas, apesar da natureza preliminar do relatório, das limitações de alguns de seus dados e da complexidade inerente ao sistema mundial que ele tenta descrever, estamos convencidos da importância de suas conclusões principais. Acreditamos que ele contenha uma mensagem de significação muito mais profunda do que uma simples comparação de dimensões, mensagem relevante em todos os aspectos do predicamento atual da humanidade.

Embora possamos expressar, aqui, somente nossas opiniões preliminares, reconhecendo que elas ainda exigem muita reflexão e ordem, concordamos nos seguintes pontos:

1. Estamos convencidos de que a compreensão das restrições quantitativas do meio ambiente mundial e das conseqüências trágicas de uma ultrapassagem dos limites é essencial para a iniciação de novas maneiras de pensar, as quais levarão a uma revisão fundamental do comportamento humano e, por associação, de toda a estrutura da sociedade contemporânea.

Somente agora, quando começamos a entender algo sobre as interações entre o crescimento demográfico e o crescimento econômico, e quando ambos atingiram níveis jamais alcançados, é que o homem se vê forçado a levar em consideração as dimensões limitadas de seu planeta, e os limites de sua presença e de suas atividades nele. Pela primeira vez, tornou-se vital examinar o custo do crescimento material irrestrito, e considerar as alternativas para a sua continuação.

2. Estamos mais convencidos de que a pressão demográfica no mundo já atingiu um nível tão alto e, principalmente, está distribuída de um modo tão desigual, que só isso deve forçar a humanidade a procurar um estado de equilíbrio em nosso planeta.

Ainda existem áreas subpovoadas, mas, considerando o mundo como um todo, o ponto crítico no crescimento demográfico está se aproximando, se é que ainda não foi atingido. Não existe, naturalmente, um único nível ótimo de população a longo prazo; ao contrário, existe uma série de equilíbrios entre os níveis de população, padrões sociais e materiais, liberdade pessoal e outros elementos que constituem a qualidade da vida. Dada a quantidade finita e decrescente dos estoques de recursos naturais não-renováveis, e o espaço finito do nosso planeta, deve-se aceitar o princípio de que o número crescente de pessoas redundará, por fim, num padrão de vida inferior — e numa problemática mais complexa. Por outro lado, nenhum valor humano fundamental seria posto em perigo se houvesse um nivelamento do crescimento demográfico.

3. Reconhecemos que o equilíbrio mundial somente poderá tornar-se uma realidade, caso o grupo dos chamados países em desenvolvimento tenha uma melhora substancial, tanto em termos absolutos, como em relação às nações economicamente desenvolvidas; e afirmamos que este progresso só pode ser alcançado através de uma estratégia global.

Sem um esforço global, as lacunas e as desigualdades já explosivas de hoje continuarão a aumentar. O resultado só poderá ser o desastre, seja devido ao egoísmo de países que continuam a agir puramente em seu interesse próprio, seja devido a uma luta pelo poder, entre as nações em desenvolvimento e as desenvolvidas. O sistema mundial simplesmente não é bastante amplo, nem bastante generoso para acomodar, por mais tempo, um comportamento tão egocêntrico e conflitivo de seus habitantes. Quanto mais nos aproximarmos dos limites materiais do planeta, mais difícil será atacar o problema.

4. No entanto, afirmamos que o problema global do desenvolvimento está tão intimamente ligado a outros problemas globais, que uma estratégia geral deve ser desenvolvida para atacar todos os grandes problemas, incluindo especialmente aqueles que dizem respeito à relação do homem com seu meio ambiente.

Sendo de pouco mais de 30 anos o tempo de duplicação da população, e estando este a diminuir, a sociedade terá dificuldade para satisfazer as necessidades e as expectativas de tantas pessoas a mais, em um período tão curto. Provavelmente tentaremos satisfazer estas exigências através da exploração excessiva do nosso ambiente natural, com isto reduzindo a capacidade do globo para manter a vida. Por isso, dos dois lados da equação homem-meio ambiente, a situação tenderá a piorar perigosamente. Não podemos esperar que as soluções tecnológicas por si sós nos tirem deste círculo vicioso. A estratégia para lidar com os dois problemas-chave, desenvolvimento e meio ambiente, deve ser concebida como sendo apenas uma.

5. Reconhecemos que a complexa problemática mundial consta, em grande parte, de elementos que não podem ser expressos em termos mensuráveis. No entanto, acreditamos que o método, predominantemente quantitativo, usado neste relatório, seja um instrumento indispensável para a compreensão do funcionamento da problemática. E esperamos que este conhecimento leve ao domínio sobre tais elementos.

Embora todos os importantes problemas mundiais estejam fundamentalmente interligados, não foi ainda descoberto um método para atacar o todo de maneira efetiva. O caminho que adotamos pode ser extremamente útil para a reformulação das nossas idéias sobre a difícil situação humana, em sua totalidade. Ele nos permite definir os tipos de equilíbrio que deve haver na sociedade humana, bem como entre a sociedade humana e seu *habitat*, e perceber as conseqüências que podem resultar quando esse equilíbrio for rompido.

6. Estamos unanimemente convencidos de que uma emenda rápida e radical na situação mundial, atualmente desequilibrada e em perigosa deterioração, é a tarefa fundamental com que se defronta a humanidade.

Contudo, nossa situação atual é tão complexa e reflete de tal modo as múltiplas atividades do homem, que nenhuma combinação de medidas e expedientes puramente técnicos, econômicos ou legais, pode produzir melhoras substanciais. Caminhos inteiramente novos são

necessários para reconduzir a sociedade a objetivos de equilíbrio e não de crescimento. Tal reorganização requererá um esforço supremo de compreensão, imaginação e determinação política e moral. Acreditamos que o esforço seja praticável, e esperamos que esta publicação ajude a mobilizar forças para torná-lo possível.

7. Este esforço supremo é um desafio para nossa geração e não pode ser transferido à próxima. O esforço deve ser empreendido resolutamente e sem demora, e uma reorientação significativa deve ser conseguida durante esta década.

Embora, inicialmente, o esforço possa concentrar-se nas conseqüências do crescimento, particularmente do crescimento demográfico, muito em breve a totalidade da problemática mundial terá que ser visada. De fato, acreditamos que, em pouco tempo, se tornará evidente a necessidade de equiparar as inovações sociais às mudanças técnicas; de reformar radicalmente as instituições e processos políticos em todos os níveis, incluindo o mais alto, que é o do sistema político mundial. Estamos seguros de que a nossa geração aceitará esse desafio, bastando-nos ficar cientes das conseqüências trágicas que a inércia poderá trazer.

8. Não temos dúvida de que, se a humanidade quiser tomar um novo rumo, serão necessárias medidas internacionais ajustadas e planejamento conjunto a longo prazo, em uma escala e de um alcance sem precedentes.

Um tal esforço exige um empenho conjunto de todos os povos, qualquer que seja sua cultura, seu sistema econômico, ou seu nível de desenvolvimento. Mas a responsabilidade maior compete às nações mais desenvolvidas, não por terem maior visão, ou sentimentos humanitários mais profundos, mas porque, tendo propagado o síndrome do crescimento, elas ainda são a fonte do progresso que o sustém. À medida que se adquire um melhor entendimento sobre as condições e o funcionamento do sistema mundial, estas nações acabarão compreendendo que em um mundo onde há uma necessidade básica de estabilidade, seus altos níveis de

desenvolvimento só podem ser justificados ou tolerados se servirem, não como um trampolim para alcançar níveis ainda mais altos, mas como plataformas, a partir das quais se possa organizar uma distribuição mundial mais equitativa da riqueza e da renda.

9. Apoiamos inequivocamente a alegação de que um freio imposto à espiral do crescimento demográfico e econômico não deve levar a um congelamento do *status quo* de desenvolvimento econômico de todas as nações do mundo.

Se essa proposição fosse emitida pelas nações ricas, ela seria considerada como um ato final de neocolonialismo. A obtenção de um estado harmonioso e global de equilíbrio econômico, social e ecológico, deve constituir uma aventura conjunta, baseada em uma convicção comum, com benefícios para todos. O máximo de liderança será exigido dos países economicamente desenvolvidos, visto que o primeiro passo em direção a esse objetivo deveria ser o de encorajar uma desaceleração no crescimento de sua própria produção material, ajudando, ao mesmo tempo, as nações em desenvolvimento, no seu esforço para acelerar o crescimento de sua economia.

10. Finalmente, afirmamos que qualquer tentativa deliberada para atingir um estado de equilíbrio racional e duradouro, através de medidas planejadas, e não por meio de acasos e catástrofes, deve ser fundamentada, em última análise, em uma mudança básica de valores e objetivos em níveis individuais, nacionais e mundiais.

Esta mudança talvez já esteja ocorrendo, ainda que de modo quase imperceptível. Porém, nossa tradição, grau de instrução, atividades atuais e interesses tornam a conversão angustiante e vagarosa. Neste ponto decisivo na história, somente uma verdadeira compreensão da condição humana pode proporcionar motivação bastante para que as pessoas aceitem os sacrifícios individuais, e as mudanças nas estruturas do poder econômico e político, necessárias para alcançar o estado de equilíbrio.

Naturalmente, permanece a dúvida quanto à situação mundial: se é, de fato, tão séria como este livro e nossos comentários poderiam indicar. Acreditamos, firmemente, que as advertências contidas neste livro sejam amplamente justificadas, e que os objetivos e ações da nossa atual civilização possam somente agravar os problemas do amanhã. Mas, ficaríamos muito felizes se fosse demonstrado que o nosso modo de julgar é por demais sombrio.

Em todo caso, a nossa atitude é de intensa preocupação, mas não de desespero. O relatório descreve uma alternativa para o crescimento descontrolado e desastroso, e apresenta algumas idéias quanto às mudanças nos planos de ação, que poderiam produzir um equilíbrio estável para a humanidade. Também mostra que é possível proporcionar uma boa vida material a populações razoavelmente grandes, e ainda oportunidades para um desenvolvimento individual e social ilimitados. Estamos substancialmente de acordo com este ponto de vista, embora sejamos bastante realistas, para não sermos arrebatados pelas especulações puramente científicas ou éticas.

O conceito de uma sociedade em constante estado de equilíbrio econômico e ecológico pode parecer fácil de compreender, embora a realidade esteja tão distante da nossa experiência, a ponto de exigir uma revolução copernicana da mente. No entanto, traduzir essa idéia em ação é uma tarefa cheia de dificuldades e de complexidades esmagadoras. Poderemos falar seriamente sobre o ponto de partida, somente quando a mensagem contida em *Limites do Crescimento* e sua impressão de extrema urgência forem aceitas por uma grande parcela da opinião científica, política e popular em muitos países. De qualquer forma, a transição provavelmente será penosa, e fará exigências extremas à engenhosidade e à firmeza humanas. Como dissemos, somente a convicção de que não existe outra saída para a sobrevivência pode liberar as forças morais, intelectuais e criativas necessárias para se iniciar tal empreendimento humano, sem precedentes.

Contudo, desejamos salientar o desafio, e não as dificuldades para traçar o caminho que conduz a uma sociedade estabilizada. Acreditamos que um número

inesperadamente grande de homens e mulheres, de todas as idades e condições, responderá prontamente ao desafio, e estará ansioso para discutir não *se* podemos criar esse novo futuro, mas sim *como* fazê-lo.

O Clube de Roma planeja apoiar esta atividade de muitos modos. As importantes investigações sobre a dinâmica mundial, iniciadas no MIT continuarão tanto nesse Instituto, como através de estudos que serão realizados na Europa, no Canadá, na América Latina, na União Soviética e no Japão. E, já que o esclarecimento intelectual não tem efeito se não for também político, o Clube de Roma também encorajará a criação de um fórum mundial, onde os estadistas, os responsáveis pelos programas e os cientistas, possam discutir o perigos e as esperanças para o sistema global futuro, sem os constrangimentos das negociações formais intergovernamentais.

A última consideração que queremos apresentar é que o homem deve examinar a si próprio — seus objetivos e valores — tal qual o faz com relação ao mundo que procura mudar. A dedicação às duas tarefas deve ser infinda. O ponto essencial da questão não é somente a sobrevivência da espécie humana; porém, ainda mais, a sua possibilidade de sobreviver, sem cair em um estado inútil de existência.

A Comissão Executiva do Clube de Roma

Alexander King

Saburo Okita

Aurelio Peccei

Eduard Pestel

Hugo Thiemann

Carroll Wilson

APENDICE: Estudos Relacionados

Os relatórios relacionados com o Projeto do MIT System Dynamics Group-Club of Rome sobre o Predicamento da Humanidade estão arrolados abaixo.

ANDERSON, Alison & ANDERSON, Jay M. *System Simulation to Test Environmental Policy III: The Flow of Mercury through the Environment*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

ANDERSON, Jay M. *System Simulation to Test Environmental Policy II: The Eutrophication of Lakes*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

BEHRENS, William W. III. *The Dynamics of Natural Resource Utilization*. Relatório apresentado na 1971 Summer Computer Simulation Conference, julho de 1971, Boston, Massachusetts, patrocinado pelo Board of Simulation Conferences, Denver, Colorado.

BEHRENS, William W. III & MEADOWS, Dennis L. *The Determinants of Long-Term Resource Availability*. Relatório apresentado na reunião anual da American Association for the Advancement of Science, janeiro de 1971, Filadélfia, Pensilvânia.

CHOUCRI, Nazli; LAIRD, Michael; MEADOWS, Dennis L. *Resource Scarcity and Foreign Policy: A Simulation Model of International Conflict*. Relatório apresentado na reunião anual da American Association for the Advancement of Science, janeiro de 1971, Filadélfia, Pensilvânia.

FORRESTER, Jay W. *Counterintuitive Nature of Social Systems*. *Technology Review*, 73, p. 53 (1971).

FORRESTER, Jay W. *World Dynamics*. Cambridge, Mass., Wright-Allen Press, 1971.

HARBORDT, Steffan C. *Linking Socio-Political Factors to the World Model*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, Donella H. *The Dynamics of Population Growth in the Traditional Agricultural Village*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, Donella H. *Testimony Before the Education Committee of the Massachusetts Great and General Court on Behalf of the House Bill 3787*. Republicado sob o título *Reckoning with Recklessness, Ecology Today*, p. 11, janeiro de 1972.

MEADOWS, Dennis L. *The Dynamics of Commodity Productions Cycles*. Cambridge, Mass., Wright-Allen Press, 1970.

MEADOWS, Dennis L. *MIT — Club of Rome Project on the Predicament of Mankind*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

MEADOWS, Dennis L. *Some Requirements of a Successful Environmental Program*. Audiências do Subcommittee on Air and Water Pollution of the Senate Committee on Public Works, Parte I, 3 de maio de 1971. Washington, DC, Government Printing Office, 1971.

MILLING, Peter. *A Simple Analysis of Labor Displacement and Absorption in a Two Sector Economy*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

NAILL, Roger F. *The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

RANDERS, Jørgen. *The Dynamics of Solid Waste Generation*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

RANDERS, Jørgen & MEADOWS, Donella H. "The Carrying Capacity of our Global Environment: A Look at the Ethical Alternatives". In: BARBOUR, IAN (ed.). *Western Man and Environmental Ethics*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 1972.

RANDERS, Jørgen & MEADOWS, Dennis L. *System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

SHANTZIS, Stephen B. & BEHRENS, William W. III. *Population Control Mechanisms in a Primitive Agricultural Society*. Mimeografado. Cambridge, Mass., Massachusetts Institute of Technology, 1971.

NOTAS

- (1) CARR-SAUNDERS, A. M. *World Population: Past Growth and Present Trends*. (Oxford, Clarendon Press, 1936), p. 42.
- (2) US AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, *Population Program Assistance*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1970), p. 172.
- (3) *World Population Data Sheet 1968*. (Washington, DC, Population Reference Bureau, 1968.)
- (4) BROWN, Lester R. *Seeds of Change*. (New York, Praeger Publishers, 1970), p. 135.
- (5) President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1967), 2, p. 5.
- (6) President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2, p. 423.
- (7) President's Science Advisory Panel on the World Food Supply, *The World Food Problem*, 2, pp. 460-69.

(8) UN FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development*. (Rome, UN Food and Agriculture Organization, 1970), 1, p. 41.

(9) Dados de um levantamento do Economic Research Service, relatados por RODNEY J. ARKLEY em "Urbanization of Agricultural Land in California". Mimeografado. (Berkeley, Calif., University of California, 1970.)

(10) EHRlich, Paul R. & EHRlich, Anne H. *Population, Resources, Environment*. (São Francisco, Calif., W. H. Freeman and Company 1970), p. 72.

(11) *Man's Impact on the Global Environment*. Report of the Study of Critical Environmental Problems (Cambridge, Mass., MIT Press, 1970), p. 118.

(12) *First Annual Report of the Council on Environmental Quality*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1970), p. 158.

(13) US BUREAU OF MINES, *Mineral Facts and Problems, 1970*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1970), p. 247.

(14) Dados para mercúrio, US BUREAU OF MINES, *Minerals Yearbook*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1967), 1(2) p. 724 e US BUREAU OF MINES, *Commodity Data Summary* (Washington, DC, Government Printing Office, janeiro 1971), p. 90. Dados para chumbo, *Metal Statistics* (Somerset, NJ, American Metal Market Company, 1970), p. 215.

(15) HUTCHINSON, G. Evelyn. The Biosphere. *Scientific American*, setembro 1970, p. 53.

(16) STARR, Chauncey. Energy and Power. *Scientific American*, setembro 1971, p. 42.

(17) UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1969* (New York, United Nations, 1970), p. 40.

(18) BOLIN, Bert. The Carbon Cycle. *Scientific American*, setembro 1970, p. 131.

(19) *Inadvertent Climate Modification*. Report of the Study of Man's Impact on Climate (Cambridge, Mass., MIT Press, 1971), p. 234.

(20) CLARK, John R. Thermal Pollution and Aquatic Life. *Scientific American*, março 1969, p. 18.

(21) *Inadvertent Climate Modification*, pp. 151-54.

(22) HOLDREN, John P. Global Thermal Pollution. In: HOLDREN, John P. & EHRlich, Paul R. (eds.). *Global Ecology*. (New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1971), p. 85.

(23) Baltimore Gas and Electric Company. Preliminary Safety Analysis Report, citado em E. P. Ranford *et al.*, Statement of Concern, *Environment*, setembro 1969, p. 22.

(24) WALLACE, R. A.; FULKERSON, W.; SHULTS, W. D.; LYONS, W. S. *Mercury in the Environment*. (Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge Laboratory, 1971.)

(25) *Man's Impact on the Global Environment*, p. 131.

(26) PATTERSON, C. C. & SALVIA, J. D. Lead in the Modern Environment. *Scientist and Citizen*, abril 1968, p. 66.

(27) *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1971), pp. 110-11.

(28) KORMANDY, Edward J. *Concepts of Ecology*. (Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1969), pp. 95-97.

(29) *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 105.

(30) Calculado a partir do PNB médio *per capita* através das relações mostradas em H. B. CHENERY e L. TAYLOR, Development Patterns: Among Countries and Over Time, *Review of Economics and Statistics*, 50 (1969), p. 391.

(31) Dados sobre consumo de metal e energia calculados a partir de UN DEPARTMENT OF ECONOMIC SOCIAL AFFAIRS, *Statistical Yearbook 1969*.

(32) SPENGLER, J. J. Values and Fertility Analysis. *Demography*, 3 (1966), p. 109.

(33) LAVE, Lester B. & SESKIN, Eugene P. Air Pollution and Human Health. *Science*, 169 (1970), p. 723.

(34) *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, pp. 105-6.

(35) NOTESTEIN, Frank W. Zero Population Growth: What Is It? *Family Planning Perspectives*, 2 (junho 1970), p. 20.

(36) BOGUE, Donald J. *Principles of Demography*. (New York, John Wiley and Sons, 1969), p. 828.

(37) BUCKMINSTER FULLER, R. *Comprehensive Design Strategy*. World Resources Inventory, Phase II (Carbondale, Ill., University of Illinois, 1967), p. 48.

(38) LOVERING, Thomas S. Mineral Resources from the Land. Committee on Resources and Man, *Resources and Man* (São Francisco, Calif., W. H. Freeman and Company, 1969), pp. 122-23.

(39) *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 118.

(40) HARDIN, Garrett. The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society. *Perspectives in Biology and Medicine* 7 (outono 1973), p. 58, reimpresso em Paul Shepard e Daniel McKinley (eds.), *The Subversive Science* (Boston, Houghton Mifflin, 1969), p. 275.

(41) SEN, S. R. *Modernizing Indian Agriculture*. v. 1, Expert Committee on Assessment and Evaluation (Nova Delhi, Ministry of Food, Agriculture, Community Development, and Cooperatives, 1969).

(42) Para um excelente resumo desse problema ver ROBERT d'A. SHAW, *Jobs and Agricultural Development*, (Washington, DC, Overseas Development Council, 1970).

(43) CRITCHFIELD, Richard. It's a Revolution All Right. Patrocinado pelo Alicia Patterson Fund, (New York, Alicia Patterson Fund, 1971).

(44) SHAW, Robert d'A. *Jobs and Agricultural Development*. p. 44.

(45) BROWN, Lester R. *Seeds of Change*. p. 112.

(46) US BUREAU OF THE CENSUS. *1970 Census of Population and Housing, General Demographic Trends of Metropolitan Areas, 1960-70*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1971).

(47) HARDIN, Garrett. The Tragedy of the Commons. *Science*, 162 (1968), p. 1243.

(48) UN FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *The State of Food and Agriculture*. (Roma, UN Food and Agriculture Organization, 1970), p. 6.

(49) STUART MILL, John. Principles of Political Economy. In: *Collected Works of John Stuart Mill*. V. W. BLADEN & J. M. ROBSON (eds.) (Toronto, Univesity of Toronto Press, 1965), p. 754.

(50) RUSSELL, Bertrand. *In Praise of Idleness and Other Essays*. (Londres, Allen and Unwin, 1935), pp. 16-17.

(51) UN FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development*. 2, p. 490.

(52) DALY, Herman E. "Toward a Stationary-State Economy". In: John HARTE & R. SOCOLOW (eds.). *The Patient Earth*. (New York, Holt, Rinehart and Winston, 1971), pp. 236-37.

(53) Veja, por exemplo, Fellow Americans Keep Out!, *Forbes*, 15 de junho 1971, p. 22, e *The Ecologist*, janeiro, 1972.

(54) BOURGEOIS-FICHAT, J. & TALEB, Si-Ahmed. Un taux d'accroissement nul pour les pays en voie de développement en l'an 2000: Rêve ou réalité? *Population*, 25 (setembro-outubro 1970), p. 957.

(55) COMMISSION ON POPULATION GROWTH AND THE AMERICAN FUTURE. *An Interim Report to the President and the Congress*. (Washington, DC, Government Printing Office, 1971.)

(56) BERELSON, Bernard. *The Population Council Annual Report, 1970*. (New York, The Population Council, 1970), p. 19.

COLEÇÃO DEBATES

1. *A Personagem de Ficção*, A. Rosenfeld, A. Candido, Décio de A. Prado, Paulo Emilio S. Gomes.
2. *Informação, Linguagem, Comunicação*, Décio Pignatari.
3. *O Balanço da Bossa e Outras Bossas*, Augusto de Campos.
4. *Obra Aberta*, Umberto Eco.
5. *Sexo e Temperamento*, Margaret Mead.
6. *Fim do Povo Judeu?*, Georges Friedmann.
7. *Texto/Contexto*, Anatol Rosenfeld.
8. *O Sentido e a Máscara*, Gerd A. Bornheim.
9. *Problemas de Física Moderna*, W. Heisenberg, E. Schrödinger, Max Born, Pierre Auger.
10. *Distúrbios Emocionais e Anti-Semitismo*, N. W. Ackerman e M. Jahoda.
11. *Barroco Mineiro*, Lourival Gomes Machado.
12. *Kafka: Pró e Contra*, Günther Anders.
13. *Nova História e Novo Mundo*, Frédéric Mauro.
14. *As Estruturas Narrativas*, Tzvetan Todorov.
15. *Sociologia do Esporte*, Georges Magnane.
16. *A Arte no Horizonte do Provável*, Haroldo de Campos.

17. *O Dorso do Tigre*, Benedito Nunes.
18. *Quadro da Arquitetura no Brasil*, Nestor Goulart Reis Filho.
19. *Apocalípticos e Integrados*, Umberto Eco.
20. *Babel & Antibabel*, Paulo Rónai.
21. *Planejamento no Brasil*, Betty Mindlin Lafer.
22. *Linguística, Poética, Cinema*, Roman Jakobson.
23. *LSD*, John Cashman.
24. *Crítica e Verdade*, Roland Barthes.
25. *Raça e Ciência I*, Juan Comas e outros.
26. *Shazam!*, Álvaro de Moya.
27. *Artes Plásticas na Semana de 22*, Aracy Amaral.
28. *História e Ideologia*, Francisco Iglésias.
29. *Peru: Da Oligarquia Econômica à Militar*, Arnaldo Pedroso D'Horta.
30. *Pequena Estética*, Max Bense.
31. *O Socialismo Utópico*, Martin Buber.
32. *A Tragédia Grega*, Albin Lesky.
33. *Filosofia em Nova Chave*, Susanne K. Langer.
34. *Tradição, Ciência do Povo*, Luís da Camara Cascudo.
35. *O Lúcido e as Projeções do Mundo Barroco*, Affonso Ávila.
36. *Sartre*, Gerd A. Bornheim.
37. *Planejamento Urbano*, Le Corbusier.
38. *A Religião e o Surgimento do Capitalismo*, R. H. Tawney.
39. *A Poética de Maiakóvski*, Bóris Schnaiderman.
40. *O Visível e o Invisível*, M. Merleau-Ponty.
41. *A Multidão Solitária*, David Riesman.
42. *Maiakóvski e o Teatro de Vanguarda*, A. M. Ripellino.
43. *A Grande Esperança do Século XX*, J. Fourastié.
44. *Contracomunicação*, Décio Pignatari.
45. *Unissexo*, Charles Winick.
46. *A Arte de Agora, Agora*, Herbert Read.
47. *Bauhaus — Novarquitectura*, Walter Gropius.
48. *Sígnos em Rotação*, Octavio Paz.
49. *A Escritura e a Diferença*, Jacques Derrida.
50. *Linguagem e Mito*, Ernst Cassirer.
51. *As Formas do Falso*, Walnice N. Galvão.
52. *Mito e Realidade*, Mircea Eliade.
53. *O Trabalho em Migalhas*, Georges Friedmann.
54. *A Significação no Cinema*, Christian Metz.
55. *A Música Hoje*, Pierre Boulez.
56. *Raça e Ciência II*, L. C. Dunn e outros.
57. *Figuras*, Gérard Genette.
58. *Rumos de uma Cultura Tecnológica*, Abraham Moles.
59. *A Linguagem do Espaço e do Tempo*, Hugh M. Lacey.
60. *Formalismo e Futurismo*, Krystyna Pomorska.
61. *O Crisântemo e a Espada*, Ruth Benedict.
62. *Estética e História*, Bernard Berenson.
63. *Morada Paulista*, Luís Saia.
64. *Entre o Passado e o Futuro*, Hannah Arendt.
65. *Política Científica*, Darcy F. de Almeida e outros.
66. *A Noite da Madrinha*, Sergio Miceli.
67. *1822: Dimensões*, Carlos Guilherme Mota e outros.
68. *O Kitsch*, Abraham Moles.
69. *Estética e Filosofia*, Mikel Dufrenne.
70. *Sistema dos Objetos*, Jean Baudrillard.
71. *A Arte na Era da Máquina*, Maxwell Fry.
72. *Teoria e Realidade*, Mario Bunge.
73. *A Nova Arte*, Gregory Battcock.
74. *O Cartaz*, Abraham Moles.
75. *A Prova de Gödel*, Ernest Nagel e James R. Newman.
76. *Psiquiatria e Antipsiquiatria*, David Cooper.
77. *A Caminho da Cidade*, Eunice Ribeiro Durhan.
78. *O Escorpião Encalacrado*, Davi Arrigucci Junior.
79. *O Caminho Crítico*, Northrop Frye.
80. *Economia Colonial*, J. R. Amaral Lapa.
81. *Falência da Crítica*, Leyla Perrone-Moisés.
82. *Lazer e Cultura Popular*, Joffre Dumazedier.
83. *Os Signos e a Crítica*, Cesare Segre.
84. *Introdução à Semântica*, Julia Kristeva.
85. *Crises da República*, Hannah Arendt.
86. *Fórmula e Fábula*, Willi Bolle.
87. *Sáida, Voz e Lealdade*, Albert Hirschman.
88. *Repensando a Antropologia*, E. R. Leach.
89. *Fenomenologia e Estruturalismo*, Andrea Bonomi.
90. *Limites do Crescimento*, Donella H. Meadows e outros.
91. *Manicômios, Prisões e Conventos*, Erving Goffman.
92. *Maneirismo: O Mundo como Labirinto*, Gustav R. Hocke.
93. *Semiótica e Literatura*, Décio Pignatari.
94. *Cozinhas, etc.*, Carlos A. C. Lemos.
95. *As Religiões dos Oprimidos*, Vittorio Lanternari.
96. *Os Três Estabelecimentos Humanos*, Le Corbusier.
97. *As Palavras sob as Palavras*, Jean Starobinski.
98. *Introdução à Literatura Fantástica*, Tzvetan Todorov.
99. *Significado nas Artes Visuais*, Erwin Panofsky.
100. *Vila Rica*, Sylvio de Vasconcellos.
101. *Tributação Indireta nas Economias em Desenvolvimento*, John F. Due.
102. *Metáfora e Montagem*, Modesto Carone Netto.
103. *Repertório*, Michel Butor.
104. *Valise de Cronópio*, Julio Cortázar.
105. *A Metáfora Crítica*, João Alexandre Barbosa.
106. *Mundo, Homem, Arte em Crise*, Mário Pedrosa.
107. *Ensaios Críticos e Filosóficos*, Ramón Xirau.
108. *Do Brasil à América*, Frédéric Mauro.
109. *O Jazz, do Rag ao Rock*, Joachim E. Berendt.
110. *Etc... Etc... (Um Livro 100% Brasileiro)*, Blaise Cendrars.
111. *Território da Arquitetura*, Vittorio Gregotti.
112. *A Crise Mundial da Educação*, Philip H. Coombs.
113. *Teoria e Projeto na Primeira Era da Máquina*, Reyner Banham.
114. *O Substantivo e o Adjetivo*, Jorge Wilhelm.
115. *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Thomas S. Kuhn.
116. *A Bela Época do Cinema Brasileiro*, Vicente de Paula Araújo.
117. *Crise Regional e Planejamento*, Amélia Cohn.
118. *O Sistema Político Brasileiro*, Celso Lafer.
119. *Éxtase Religioso*, Ioan M. Lewis.

120. *Pureza e Perigo*, Mary Douglas.
121. *História, Corpo do Tempo*, José Honório Rodrigues.
122. *Escrito sobre um Corpo*, Severo Sarduy.
123. *Linguagem e Cinema*, Christian Metz.
124. *O Discurso Engenhoso*, António José Saraiva.
125. *Psicanalisar*, Serge Leclair.
126. *Magistrados e Feiticeiros na França do Século XVII*, R. Mandrou.
127. *O Teatro e sua Realidade*, Bernard Dort.
128. *A Cabala e seu Simbolismo*, Gershom G. Scholem.
129. *Sintaxe e Semântica na Gramática Transformacional*, A. Bonomi e G. Usberti.
130. *Conjunções e Disjunções*, Octavio Paz.
131. *Escritos Sobre a História*, Fernand Braudel.
132. *Escritos*, Jacques Lacan.
133. *De Anita ao Museu*, Paulo Mendes de Almeida.
134. *A Operação do Texto*, Haroldo de Campos.
135. *Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento*, Paulo J. V. Bruna.
136. *Poesia-Experiência*, Mario Faustino.
137. *Os Novos Realistas*, Pierre Restany.
138. *Semiologia do Teatro*, J. Guinsburg e J. Teixeira Coelho Netto.
139. *Arte-Educação no Brasil*, Ana Mae Barbosa.
140. *Borges: Uma Poética da Leitura*, Emir Rodríguez Menegál.
141. *O Fim de Uma Tradição*, Robert W. Shirley.
142. *Sétima Arte: Um Culto Moderno*, Ismail Xavier.
143. *A Estética do Objetivo*, Aldo Tagliaferri.
144. *A Construção do Sentido na Arquitetura*, J. Teixeira Coelho Netto.
145. *A Gramática do Decamerão*, Tzvetan Todorov.
146. *Escravidão, Reforma e Imperialismo*, R. Graham.
147. *História do Surrealismo*, M. Nadeau.
148. *Poder e Legitimidade*, José Eduardo de Oliveira Faria.
149. *Práxis do Cinema*, Noël Burch.
150. *As Estruturas e o Tempo*, Cesare Segre.
151. *A Poética do Silêncio*, Modesto Carone Netto.
152. *Planejamento e Bem-Estar Social*, Henrique Rattner.
153. *Teatro Moderno*, Anatol Rosenfeld.
154. *Desenvolvimento e Construção Nacional*, S. N. Eisenstadt.
155. *Uma Literatura nos Trópicos*, Silviano Santiago.