

SIMULAÇÃO POR COMPUTADOR NA PESQUISA E NO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ECOSSOCIAIS

Paulo Freire Vieira
Professor de Sociologia Política da UFSC

RESUMO

Neste ensaio a simulação por computador é caracterizada como uma dimensão constitutiva da metodologia de pesquisa sistêmica (general systems research). A partir da delimitação de um conjunto não exaustivo de aplicações desta técnica nos níveis de pesquisa social básica e aplicada, avalia-se sua contribuição para o desenvolvimento interdisciplinar das ciências sociais.

Nas últimas décadas o refinamento progressivo da simulação tem atendido fundamentalmente a demanda de aconselhamento científico de processos decisórios de natureza político-institucional, organizacional e estratégico-militar dos países desenvolvidos. No âmbito da ação planejadora, a consideração simultânea de fatores biológicos, psicológicos, sócio-culturais e ambientais encontra na construção de modelos formais e na simulação dois procedimentos complementares, formando uma espécie de simbiose que se alimenta dos avanços ininterruptos da tecnologia de processamento eletrônico da informação. Apoiada na informática, a simulação potencializa o processo de modelização, viabilizando um tipo especial de extrapolação de tendências que projeta a análise prospectiva convencional num patamar superior de confiabilidade.

No campo da pesquisa teórica, as tentativas de aplicação podem ser consideradas incipientes. Parece existir entretanto um consenso entre os sistêmicos quanto ao reconhecimento da relevância da simulação para a concretização do projeto de articulação e teste de uma teoria geral do sistema sócio-cultural.

Apesar da predominância de um padrão tecnocrático-economicista de apropriação social dos procedimentos e resultados da pesquisa sistêmica, defende-se a hipótese de que a simulação constitui um instrumento indispensável à consolidação de um padrão de pesquisa prospectiva voltada para o desvelamento da natureza das tendências "contra-intuitivas" que condicionam a evolução dos sistemas sócio-culturais num contexto de interconexão planetária e busca de contenção de ameaças ecológicas globais.

Face ao agravamento tendencial dos impactos sócio-ambientais negativos da dinâmica de crescimento das sociedades industriais, parece-nos oportuno estimular entre os cientistas sociais latino-americanos uma reflexão mais profunda sobre os pressupostos epistemológicos e implicações políticas do paradigma sistêmico. No campo do planejamento, esta reflexão poderá enriquecer a análise das pré-condições de viabilidade de estratégias alternativas de desenvolvimento que atendam a consideração simultânea dos critérios de equidade social, viabilidade econômica, participação popular no planejamento, cultivo do pluralismo cultural e prudência ecológica.

Nas últimas décadas a simulação por computador vem se constituindo em importante elemento propulsor do avanço da pesquisa sobre fenômenos sócio-culturais. Sua utilização tem acompanhado as mais diversas orientações ideológicas, num espectro que se estende de um padrão "tecnocrático" em áreas-chave do planejamento político e estratégico-militar a um padrão "democrático-participativo" em certos segmentos da pesquisa sobre as inter-relações sociedade/meio-ambiente. O volume e a diversidade dessas aplicações contrastam entretanto com o estágio ainda incipiente da reflexão epistemológica sobre as conexões existentes entre simulação e Pesquisa Sistêmica (General Systems Research).

Não seria exagero considerar os progressos já alcançados pela Pesquisa Sistêmica desde a época do pós-guerra como a formação gradual de um paradigma alternativo no campo da investigação bio-social. Sem implicar na rejeição unilateral das tradições positivista, hermenêutica, fenomenológica ou histórico-dialética, o enfoque sistêmico introduziu uma dimensão complementar que tem influído em praticamente todas as áreas de especialização acadêmica. Face à compartimentalização do conhecimento em disciplinas estanques e à predominância de enfoques reducionistas, emerge um novo projeto de unificação metodológica das ciências direcionado fundamentalmente para o tratamento do problema da **complexidade** dos fenômenos vivos: do número e da variedade de elementos e relações de interdependência que caracterizam sua dinâmica "contra-intuitiva" (Jay W. Forrester).

O aperfeiçoamento de uma abordagem interdisciplinar baseada no conceito de sistema transcende entretanto o interesse pelo avanço da pesquisa teórica. Traduz uma posição inovadora no campo das propostas de articulação entre conhecimento científico e organização social e política. No âmbito da ação planejadora, a consideração simultânea de fatores biológicos, psicológicos, sócio-culturais e ecológicos encontra na construção de modelos formais e na simulação dois procedimentos complementares, formando uma espécie de simbiose que se alimenta do refinamento crescente da tecnologia de processamento eletrônico da informação. Apoiada na informática, a simulação potencializa o processo de modelização, viabilizando um tipo especial de extra-

polação de tendências que projeta a análise prospectiva convencional num patamar superior de confiabilidade.

Na caracterização desta problemática o presente trabalho parte da necessidade de se conceituar a simulação por computador como um "momento" constitutivo da abordagem sistêmica. Com base no inventário de um conjunto não exaustivo de suas aplicações mais freqüentes nos campos teórico e aplicado de investigação social, consideram-se a seguir algumas das críticas mais comuns endereçadas aos experts em simulação por representantes de outras tradições de pensamento social. Na parte final sugere-se, como contribuição à criação de políticas regionais de ciência e tecnologia, a intensificação das práticas de simulação na área do planejamento "ecológico-político" de estratégias alternativas de desenvolvimento na América Latina.

Visando manter o texto acessível a um público mais amplo que o dos especialistas em metodologia, evitou-se um tratamento técnico e pormenorizado da "lógica" da investigação sistêmica. Apesar desta restrição, espera-se que este esforço de revisão de uma referências ainda pouco disseminada em nossas comunidades científicas contribua para aguçar o interesse pela simulação no contexto da crise civilizatória que marca a transição difícil para o cenário do próximo milênio.

SIMULAÇÃO E PESQUISA SISTÊMICA

O sistemismo emerge como projeto de reorientação da pesquisa científica no cenário controvertido da crise da biologia nas primeiras décadas deste século. As propostas dominantes de inteligibilidade dos fenômenos vivos repartiam-se na época em dois grandes segmentos: mecanicismo e vitalismo. Reagindo contra a tendência a reduzir a complexidade do mundo da vida seja a princípios físico-químicos, seja a princípios transcendentais à análise racional, a proposta de uma biologia sistêmica defendida com pioneirismo por Ludwig von Bertalanffy destaca a necessidade de se priorizar uma visão centrada no conceito de **organização**. A distinção entre fenômenos vivos e não-vivos passaria a depender, deste novo ponto de vista, menos de explicações "analítico-reducionistas" da natureza de seus componentes últimos, e fundamentalmente de uma compreensão "holística" do arranjo especial a que eles se encontram submetidos.

Com base num vigoroso trabalho experimental nos domínios do crescimento orgânico, regulação metabólica e evolução, Von Bertalanffy reconceitua o campo da biologia teórica, associando-o ao projeto de formular e testar criticamente as leis mais gerais que governam os processos de organização, autoregulação e evolução dos fenômenos vivos. Para tanto, a categoria

central de análise passa a ser o **sistema**, e a meta estratégica a criação de uma teoria sistêmica do organismo e seu dinamismo evolutivo (Bertalanffy, 1968).

A generalização desses princípios a outros domínios de investigação situados em níveis superiores de complexidade foi tentada posteriormente pela via do projeto de constituição de uma **teoria geral dos sistemas abertos**. Esta constitui uma tentativa bem sucedida de formulação de uma "biofísica do organismo" no sentido de uma extensão dos postulados da termodinâmica clássica aos fenômenos orgânicos.

Num sistema aberto, as interrelações entre os elementos são mantidas em estado de "equilíbrio dinâmico" (steady state) através de um intercâmbio permanente de matéria, energia e informação com o meio-ambiente correspondente. Graças a essas trocas o sistema consegue manter e mesmo amplificar a diferença interna de potencial que o afasta temporariamente da entropia. Em sistemas fechados, ao contrário, os elementos tendem a uma configuração estável no sentido de uma equilibração estática ou entrópica. Além disso, e relativamente à hipótese de que a este distanciamento temporário da tendência à degradação energética por meio de uma lógica complexificadora (ou auto-organizadora) associa-se um padrão de comportamento teleonômico (ou de orientação-para-metas), a teoria dos sistemas abertos veio contribuir para uma caracterização precisa dessas propriedades.

A teoria dos sistemas abertos fundamenta aquilo que posteriormente veio a se constituir na contribuição mais conhecida de Von Bertalanffy: a concepção de uma **Teoria Geral de Sistemas** (General Systems Theory).

Um conceito fundamental de sistema é definido como um conjunto de elementos em interrelação, onde modificações num dado elemento ocasionam modificações nos demais e no comportamento global do conjunto. O critério de sistemicidade alude nesse sentido à existência de propriedades "emergentes", consideradas inexistentes no nível dos elementos considerados isoladamente, de forma a permitir o reconhecimento de uma "finalidade" no conjunto. Da formalização deste conceito geral extrai-se uma classificação de tipos fundamentais de sistema, bem como o detalhamento de propriedades estruturais e funcionais ("isomorfias") válidas para qualquer tipo de sistema. As principais incluem: complexidade, limite, abertura, soma, mecanização progressiva, hierarquização, centralização, teleonomia, auto-regulação, adaptação, aprendizagem, etc (Bertalanffy, 1968).

A aplicação da Teoria Geral de Sistemas vista enquanto domínio lógico-matemático onde são formuladas e deduzidas propriedades sistêmicas fundamentais envolve um processo de alta complexidade de articulação de teorias situadas em diferentes níveis de generalidade. A teoria geral alimenta a construção de **teorias sistêmicas específicas** nos diversos campos de conhecimento da realidade. As teorias específicas, por sua vez, integram conjuntos de teorias empíricas relativas a aspectos parciais de cada um dos campos

de conhecimento. Uma teoria específica do sistema sócio-cultural, por exemplo, constitui uma derivação das generalizações expressas na Teoria Geral de Sistemas. Mas funciona ao mesmo tempo como uma "moldura" ou arcabouço capaz de integrar teorias relativas a sub-sistemas específicos do sistema sócio-cultural (a saber, sub-sistemas social, econômico, político e cultural).

Em termos de inteligibilidade explicativo-preditiva, a aplicação de uma teoria do sistema sócio-cultural e fenômenos sociais específicos permite via de regra elucidar como as relações de interdependência entre os elementos do sistema, bem como entre o sistema e seu meio-ambiente condicionam tanto o comportamento dinâmico (a seqüência de seus estados possíveis), quanto a história do sistema (as conseqüências do processo de interação entre sistema e meio-ambiente).

Para fins de síntese didática, a dinâmica integral da investigação sistêmica pode ser subdividida em três "momentos": 1) análise e modelização, 2) simulação por computador e 3) concepção de sistemas alternativos.

A **análise** parte da especificação da estrutura do sistema, ou seja, dos elementos constitutivos e de suas interrelações. Na caracterização das interrelações exige-se a inclusão daquelas que se tecem entre sistema e meio-ambiente. Os limites do sistema ficam definidos através da especificação da estrutura e dos fatores que, situados no exterior do mesmo, afetam de maneira significativa (para as finalidades da investigação) sua dinâmica.

Na caracterização das interrelações envolvendo fatores externos considera-se que o sistema possa ser focalizado enquanto subsistema de um sistema mais abrangente. Por outro lado, na caracterização de interrelações internas, os elementos constituintes poderão ser analisados enquanto subsistemas do sistema em questão. A escolha dos possíveis ângulos de análise dependerá fundamentalmente dos interesses do investigador, da natureza da problemática que dá origem à investigação e dos limites de tempo e de recursos materiais e humanos disponíveis.

Ainda como parte do procedimento de análise, identificam-se os **mecanismos de controle** que intercedem de forma a compensar eventuais distúrbios funcionais do sistema. A propriedade de "orientação-para-metas" (goal-seeking behavior) decorre da natureza desta dinâmica auto-reguladora e sugere a regra de partir da "finalidade" do conjunto, mas num sentido diferente do que é geralmente atribuído ao conceito metafísico de finalismo. Se o problema fundamental de todo e qualquer sistema aberto pode ser visto como sendo o esforço permanente de manutenção de sua viabilidade enquanto conjunto integrado inserido num contexto interdependente de trocas com o meio correspondente, os processos de auto-regulação tornam-se possíveis via mecanismos de **retroalimentação da informação** (feedback). Estes podem ser classificados em negativos (homeostáticos ou redutores de desvio) e positivos (morfogenéticos ou amplificadores de desvio).

Um sistema visto enquanto um conjunto de elementos em interrelação que tende ao alcance de determinados "estados" surge nesse momento como totalidade estruturada em níveis de organização. Por convenção, e numa acepção não-normativa, os níveis de onde convergem as funções são qualificados de inferiores relativamente àqueles para os quais as funções convergem. A passagem a um nível de organização superior traduz-se pelo surgimento de uma nova "lógica" de funcionamento, de novos mecanismos, comportamentos e formas de regulação não identificáveis no nível inferior. Por outro lado, cada nível decorre da articulação daqueles que lhe são inferiores e participa na formação daqueles que lhe são superiores. Cada um deles contribui, através da ação de processos de retroalimentação da informação, para a harmonização das funções que o produzem. Há portanto o reconhecimento de que a existência do todo e das partes condicionam-se mutuamente.

O procedimento de análise conflui no sentido da articulação de um **modelo**. Na terminologia da Pesquisa Sistêmica o uso deste conceito está referenciado à criação de uma estrutura hipotético-dedutiva de enunciados. Através dela, objetiva-se conseguir um máximo de precisão na representação da estrutura e da dinâmica do sistema sob condições determinadas (Stachowiak, 1975; Diesing, 1971; Gibbs, 1972; Boudon, 1972). Inicialmente a tendência é articular o modelo utilizando-se linguagem natural, submetendo-o a um processo gradativo de formalização que culmina em sua tradução para uma dada linguagem de programação.

A **simulação** propriamente dita representa a fase onde são processadas "experimentações" com o modelo assim construído. Por meio do computador, investiga-se o comportamento dinâmico do sistema num dado espaço de tempo. As diversas "rodadas" de simulação permitem estimar os efeitos de um número geralmente elevado de variáveis e parâmetros sobre esta dinâmica comportamental. O papel de cada variável (independente, dependente, interveniente) é hierarquizado, detectando-se os pontos de inibição e/ou ampliação graças aos quais podemos influenciar esta dinâmica. A manipulação controlada de um modelo articulado segundo este padrão favorece uma modulação flexível da variável "tempo": torna-se possível acelerar os fenômenos lentos ou retardar a evolução daqueles muito rápidos, simulando durante alguns minutos no computador meses ou anos de experiências com eventos do mundo real.

A simbiose entre modelo e computador vem possibilitar, nesta etapa, um processo interativo ou por aproximações sucessivas de avaliação de **tendências** prováveis da dinâmica evolutiva do sistema. Além disso, o analista estará em condições de estimar as margens de liberdade e os obstáculos a possíveis transformações da estrutura existente, pressupondo-se que exista interesse pela busca de finalidades alternativas para o sistema em foco.

Os resultados do trabalho de simulação com um modelo recém-construído envolve uma fase de **teste** ou **interpretação**. Investiga-se aqui a consistência da postulação de isomorfia entre o modelo e o segmento do mundo fenomenal que foi recortado para fins analíticos. A constatação de eventuais discrepâncias conduz a modificações seletivas no modelo, de maneira a tornar sua dinâmica de funcionamento a mais próxima possível do sistema representado. Aumenta-se assim o grau de confiabilidade quanto à sua validade para um equacionamento adequado do problema que deu origem à investigação.

Desde que utilizadas com lucidez e apoiadas na coleta competente de dados empíricos atualizados, os procedimentos de modelização e simulação podem tornar-se recursos de indiscutível fertilidade para o desenvolvimento de uma abordagem integrada da gênese, da estrutura e da dinâmica evolutiva de sistemas sociais.

Na etapa correspondente à **criação de sistemas alternativos** as informações obtidas pelo trabalho de simulação são finalmente projetadas para o nível da concepção, implementação e monitoramento de novas estratégias de ação para o sistema. Inúmeros experts identificam neste potencial de inovação dos processos de auto-regulação de sistemas sócio-técnicos a motivação fundamental da "démarche" sistêmica (Ropohl, 1974; Jenkins, 1972; Checkland, 1981).

APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO

No campo da **pesquisa teórica** a simulação está associada, como vimos, à construção de uma teoria do sistema sócio-cultural. Trata-se de um ambicioso projeto de integração de teorias situadas em diferentes níveis de generalidade. Em função da complexidade envolvida nesta rede teórica segmentada em níveis hierárquicos, as contribuições desenvolvem-se num horizonte de longo prazo que pressupõe a lenta maturação do "know how" de construção de modelos.

Como instrumento facilitador do processo de descoberta e teste de novas hipóteses, a simulação preenche várias funções importantes. Por um lado, a dedução de conseqüências lógicas de um conjunto inicial de hipóteses pode ser realizada de forma rápida e confiável no computador. A incorporação de hipóteses adicionais e a comparação crítica com hipóteses e teorias alternativas sobre um mesmo fenômeno tornam-se também mais facilmente realizáveis. Por outro lado, o processo de validação (lógica, empírica e intersubjetiva) das hipóteses ganha em agilidade e segurança, em função das exigências de clareza e rigor conceituais impostas pelo ordenamento hipotético-dedutivo dos enunciados. O procedimento força o analista a exprimir-se através de ar-

gumentos claros e logicamente consistentes, minimizando-se a ocorrência de pressupostos normativos implícitos, falácias lógicas e hipóteses "ad hoc".

Além disso, considerando-se que a complexidade representa um dos mais decisivos obstáculos à viabilização do método experimental na investigação do comportamento humano em sociedade, a simulação oferece como "ersatz" um tipo de procedimento "quase-experimental" que se aproxima da idéia de um "laboratório sociológico portátil". Isto representa uma revivência da concepção clássica do experimento hipotético, cuja utilidade torna-se evidente quando a experimentação genuína torna-se inviável do ponto de vista material ou ético, além de tão complexa a ponto de desafiar mesmo os métodos não-ortodoxos de prognose através da consulta a experts (Helmer e Rescher, 1959; Pagès, 1974; Greenwood, 1956; Opp, 1970).

No terreno da **pesquisa social aplicada**, a simulação vem sendo utilizada como mecanismo de racionalização de processos decisórios de natureza político-institucional, além de subsidiar a exploração criativa de sistemas alternativos de valores e metas sociais. Em ambos os casos, sua disseminação tem contribuído para fazer avançar o esforço de avaliação dos pressupostos e implicações da mudança social planejada.

O aconselhamento científico de processos decisórios nos campos do planejamento e da gestão político-administrativa tem sido estimulada a partir da complexificação da função política numa era de interdependências globais. Para além do nível personalista-liberal da "arte do possível", os sistemas políticos contemporâneos defrontam-se com a necessidade de se antecipar com mais segurança e eficácia o surgimento de "efeitos perversos" de propostas de intervenção. Isto implica no estabelecimento de um fluxo cada vez mais intenso de demandas às comunidades científicas. Ao mesmo tempo, o campo da investigação social torna-se pressionado no sentido de oferecer recursos mais substanciais para a compreensão das oportunidades e impasses da ação política num contexto de crise dos modelos dominantes do processo de desenvolvimento. De pesquisadores sociais sensíveis a esses desafios espera-se a sugestão de diretrizes que criem um terreno mais favorável à emergência de **tecnologias sociais** capazes de imprimir mais realismo e concretude à reflexão acadêmica sobre rumos da mudança social (Mesarovic e Pestel, 1974; Ophuls, 1977; Helmer, 1966).

As ambigüidades e os obstáculos que tem caracterizado o processo de aconselhamento nos países desenvolvidos e em desenvolvimento podem ser visualizadas, mesmo às custas de uma simplificação excessiva, através dos modelos de interação entre analistas científicos e decisores políticos tipificados por Jurgen Habermas (1968).

Segundo o **modelo decisionista**, existiria uma separação rígida entre as funções do assessor científico e do decisor político. Este último utilizar-se-ia da base de conhecimentos fornecidos pela pesquisa, reconhecendo entretanto

a predominância dos sistemas de crença e dos interesses personalizados nas fases cruciais do processo decisório. O **modelo tecnocrático**, por outro lado, situa o decisor político como um simples ratificador do que é concebido pela inteligência científica. Nesse sentido, os experts comprometem-se a oferecer soluções técnicas para os problemas em pauta, acentuando as coações objetivas vigentes num dado contexto, bem como a necessidade de elaboração de estratégias racionais (num sentido instrumental) para o alcance de metas sociais pré-fixadas de forma autoritária. Finalmente, pensado enquanto alternativa aos impasses gerados pelos modelos anteriores, o **modelo pragmático** busca concretizar uma forma de intercâmbio crítico-comunicativo entre cientistas e decisores. Segundo Habermas, viabiliza-se no modelo pragmático um processo comunicativo ou de aprendizagem recíproca, no qual os experts participam efetivamente das diversas instâncias do processo decisório e no qual os decisores requisitam efetivamente, segundo as exigências da praxis, a capacidade técnico-analítica dos experts. Em termos ideais, este processo desenrolar-se-ia sob a supervisão de uma opinião pública esclarecida, em coerência com os princípios de funcionamento de um sistema político democrático-participativo.

No modelo pragmático as questões de natureza prático-política são traduzidas em termos de problemas técnico-científicos e vice-versa. Soluções técnicas são avaliadas em termos de sua capacidade de gerar respostas politicamente satisfatórias, passando a reinar, nas interações expert-decisor um intercâmbio equilibrado entre as esferas do "poder" e do "querer". Viabiliza-se uma articulação mais orgânica entre conhecimento teórico e intencionalidade política, onde os fundamentos ético-normativos do processo de aplicação do conhecimento produzido são explicitados através da avaliação de conseqüências multidimensionais da adoção de sistemas específicos de metas e valores sócio-políticos básicos.

Como uma técnica de análise que vem se disseminando no campo do aconselhamento à decisão política, a simulação por computador relaciona-se **não** à busca de soluções concretas para problemas específicos, mas sim à tentativa de racionalização dos processos decisórios envolvidos nesta busca. As práticas de simulação produzem um conjunto de informações de contorno relacionadas especialmente (1) à clarificação conceitual dos problemas em pauta, incluindo-se nisso a especificação de relações de interdependência entre parâmetros e variáveis centrais; (2) à elucidação das conseqüências mais prováveis da opção por um dado sistema de metas estratégias; e finalmente (3) à definição de cursos alternativos de ação sob condições de carência de informações, incerteza e risco.

O resultado final do processo constitui portanto apenas um **insight adicional** na rede de interdependências que configura o problema original. A experimentação com modelos permite diminuir as surpresas ocasionadas pe-

los efeitos "perversos" das decisões adotadas, obrigando ao mesmo tempo o usuário a desvelar seus próprios deslizos de raciocínio, padrões de racionalidade e pressupostos normativos. As limitações, incoerências e riscos impostos pela busca de cursos alternativos de ação ganha assim contornos mais nítidos. Não conduzindo necessariamente a soluções ideais, mas eliminando com uma certa margem de segurança as mais inadequadas do ponto de vista de critérios de racionalidade mais sofisticados, os jogos de simulação podem contribuir para ampliar as margens de escolha, resguardando entretanto ao decisor político o posicionamento final (Klages e Nowak, 1971; Forrester, 1971; Böhret e Nagel, 1969).

Repercussões significativas das práticas de simulação podem ser também encontradas nos campos da análise experimental de sistemas de valores sócio-políticos e do prognóstico normativo de metas de longo prazo. Aqui, o ponto de referência mais importante permanece sem dúvida o programa de criação de **modelos do sistema mundial** sob situação de crise estrutural (Meadows et al., 1978).

De 1972 a 1977 foram publicados cerca de cinco relatórios sobre as implicações do reconhecimento de "limites externos" do crescimento econômico, todos eles baseados no enfoque sistêmico. Numa primeira fase, os relatórios refletem uma orientação marcadamente tecnicista. A evolução dos problemas ligados à escassez de matérias primas, crescimento demográfico exponencial, produção de alimentos e índices de poluição é simulada do ponto de vista de sua confrontação através de processos de sofisticação tecnológica. O mundo é representado como sistema unitário, submetido a poderosas tensões desestabilizadoras, constando como um pré-requisito fundamental para a reequilibração do conjunto a desaceleração drástica do processo de crescimento industrial.

Numa segunda fase, concede-se maior ênfase a aspectos mais nitidamente **político-sociais** da crise mundial. O Relatório RIO, por exemplo, não se limita mais à análise de curvas de crescimento ou à extrapolação de suas conseqüências possíveis para a reestabilização a longo prazo do sistema. Além disso, o aspecto das **coações políticas** realmente existentes é destacado: relações desiguais de poder entre países ricos e pobres, intensificação da produção bélica, distribuição desigual de riquezas, participação popular, etc. O relatório sugere transformações a nível de educação política ampla, reorientações da política industrial, criação de uma nova ordem econômica internacional, maior autonomia decisória para as nações em desenvolvimento, difusão de estilos alternativos de desenvolvimento, etc (Tinbergen, 1978; Mesarovic e Pestel, 1974; Herrera et al. 1976).

Numa terceira fase, finalmente, esta tendência mais e mais politicamente compromissada evolui numa direção **ético-normativa**. Nos relatórios coordenados por Ervin Laszlo, a necessidade de uma convergência de percep-

ções quanto à urgência de um novo sistema de valores sócio-políticos compatíveis com o imperativo de reequilíbrio do sistema mundial é destacada de forma mais veemente que nas obras anteriores (Laszlo, 1977).

Um número considerável de investigações subsequentes acabou por consolidar um novo domínio de reflexão, onde os valores dominantes da modernidade tecnológica passam a ser confrontados a propostas alternativas capazes de direcionar estratégias menos destrutivas de organização sócio-ambiental. Para tanto, em função da densidade de fatores envolvidos, os resultados fornecidos pelas experiências de simulação parecem constituir uma dimensão imprescindível do esforço de avaliação (Bossel, 1978; Laszlo, 1972, 1973, 1977; Inglehardt, 1977).

LIMITES E RISCOS

Este quadro sumário das potencialidades da simulação no campo da pesquisa social deverá ser confrontado em seguida a um balanço crítico da argumentação que enfatiza seus principais limites e riscos.

Um conjunto expressivo de contribuições converge no questionamento da adequação da metodologia formalista na ciência social. Insiste-se na irredutibilidade dos fenômenos sócio-culturais a um tratamento matematizado (Harbordt, 1974, p.245-56; Mayntz, 1967). Desta perspectiva, uma orientação formalista influenciaria a capacidade de identificação e seleção de problemas considerados relevantes para fins de investigação. Os instrumentos de formalização e tratamento matemático poderiam se transformar de meios em fins, fazendo com que apenas os eventos manipuláveis quantitativamente consigam captar a atenção do pesquisador.

Outro tipo de argumentação que vem se tornando recorrente na referências especializada ressalta que, enquanto as ciências naturais se caracterizariam pela exatidão de seus procedimentos e resultados, as ciências sociais tenderiam a permanecer necessariamente inexatas. Isto seria uma consequência direta da natureza de seu domínio de investigação e da típica imprecisão de seus dados observacionais.

Face aos dois pontos de vista, caberia antes de mais nada desvelar o caráter artificial da tendência a se dicotomizar ciências exatas e inexatas. De acordo com a observação lúcida de Olaf Helmer e Nicholas Rescher, a inexatidão não constituiria uma prerrogativa das ciências sociais. Se parcelas significativas das ciências naturais permanecem ainda inexatas no sentido da manutenção de formas de raciocínio informal, existência de terminologia vaga, uso problemático do instrumental matemático e ausência de explicações e predições integrais do ponto de vista da correção formal, por outro lado certas áreas de investigação nas ciências sociais já alcançaram um patamar de

exatidão que possibilita a aplicação da metodologia formalista (Helmer e Rescher, 1959, p.26).

Ainda seguindo esta linha de raciocínio, a ênfase concedida à utilização de linguagens matemáticas como as mais adaptadas ao tratamento teórico da dinâmica de sistemas constitui uma contrapartida natural da busca de maior relevância sócio-política. Nesse sentido, formalização e politização emancipadora da pesquisa social constituiriam as duas faces de uma mesma moeda. A manutenção de um padrão rigoroso de produção e controle de qualidade teórica condicionaria à emergência de estratégias cada vez mais **responsáveis** de intervenção no campo da regulação política.

Um eixo suplementar de crítica à fertilidade do procedimento de simulação, mais preocupado com a questão das condições reais em que se processa o aconselhamento de processos decisórios, salienta inúmeras incompatibilidades no comportamento "standard" de simuladores e decisores políticos. As exigências específicas colocadas tanto pelos decisores quanto pela própria situação onde são tomadas decisões cruciais podem, por exemplo, bloquear a eficácia de ação do expert em simulação. Os limites de tempo disponível para a construção e validação dos modelos, antes de sua manipulação experimental, bem como para a formação de uma base satisfatória de dados empíricos, podem apresentar-se drasticamente reduzidos por cronogramas muito rígidos. O sentido originário do esforço de simulação poderia também ser desvirtuado em consequência dos comprometimentos ideológico-políticos do decisor, sem que o expert em simulação disponha do poder de participar ativamente das etapas decisivas do processo de tomada de decisão. O problema comunicativo também é mencionado: uma tradução adequada do jargão técnico-científico para os "dialetos" da praxis política acaba envolvendo dificuldades substanciais, mesmo se forem ativados artifícios simplificadores. Certos argumentos destacam finalmente os elevados custos materiais e humanos envolvidos nas práticas de simulação, na medida em que estas práticas pressupõem um lento processo de maturação (Harbordt, 1974).

Por outro lado, os resultados da revisão bibliográfica realizada sugerem que a técnica de simulação vem sendo utilizada nas últimas décadas sobretudo no âmbito de instituições e organizações política — e financeiramente poderosas: burocracias estatais, conglomerados industriais, institutos ligados ao setor de produção de armamentos e centros de inteligência estratégico-militar.

Os resultados deste padrão de uso do procedimento tem sido destinado, em sua grande maioria, à expansão das estratégias de dominação política e concorrência econômica, ao fortalecimento da dinâmica auto-destrutiva das modernas sociedades industriais e à sofisticação da lógica agressiva de resolução de conflitos internacionais.

Na opinião de Steffen Harbordt esta tendência pode ser caracterizada como irreversível e capaz de contribuir para a consolidação de sistemas sociais onde o complexo político-econômico, apoiado na expansão contínua da capacidade de processamento eletrônico da informação, consegue influenciar decisivamente os mais importantes "outputs" do processo de alocação de recursos escassos para a sociedade (Harbordt, 1978, p.162-64).

Favorecendo a persistência de um tipo de dominação tecnicamente instrumentalizada e insensível à antecipação criativa e liberadora de "novos mundos possíveis", os experts em simulação extraem desse padrão de interação contrapartidas evidentes: melhores fontes de financiamento e facilidades de pesquisa, além de chances de promoção hierárquica e ganho de prestígio social.

Uma reflexão conseqüente sobre as causas desse vetor tecnocrático de apropriação social dos recursos de análise sistêmica extravasaria os limites deste ensaio. Envolveria uma incursão pormenorizada no domínio da análise sócio-política da atividade científica e tecnológica que nos permitisse detectar os principais condicionantes do desenvolvimento da pesquisa aplicada nas modernas sociedades industriais.

Buscando fugir das generalizações apressadas sobre diretrizes alternativas de fomento à pesquisa sistêmica, e reconhecendo ao mesmo tempo a presença e a força do vetor tecnocrático, seria entretanto oportuno resgatar a orientação humanista e emancipadora presente no projeto originário de constituição da Pesquisa Sistêmica (Bertalanffy, 1968; Rapoport, 1968). A preocupação pela veiculação de uma imagem não-estereotipada deste projeto tem encontrado ressonância sobretudo entre pesquisadores que se identificam como adeptos do programa de reorientação praxiológica do campo disciplinar da Ecologia Humana (Meadows et al., 1978; Laszlo, 1972, 1973; Boulding, 1978; Odum, 1988).

Numa era de ameaças ecológicas globais e desastres sócio-ambientais localizados, desenha-se com nitidez a necessidade de se fortalecer esta diretriz ético-política emancipadora, visando a criação de estratégias alternativas de desenvolvimento capazes de se contrapor à natureza ecologicamente predatória dos processos modernizadores em curso.

O termo "desenvolvimento sustentável" (ou "ecodesenvolvimento") designa nesse contexto um novo "estilo" de desenvolvimento oposto à orientação mimético-dependente tradicionalmente adotada nos países pobres. A proposta fundamenta-se na busca de satisfação prioritária de necessidades básicas das populações, respeito à diversidade cultural e promoção da auto-determinação política. A componente ligada à incorporação ativa das variáveis sócio-ambientais transcende a visão ingênua das relações sociedade/meio-ambiente representada pelo ecologismo conservacionista. A dimensão sócio-ambiental é incorporada não só como um tipo de coação suplementar imposta

à atividade planejadora, mas fundamentalmente como um amplo potencial de recursos a ser corretamente identificado e administrado segundo critérios de "prudência ecológica" (Sachs, 1986; Relatório Dag Hammarskjold, 1975).

Num segundo momento, o termo "desenvolvimento sustentável" designa também uma **diretriz de ação** visando a criação participativa de estratégias regionais e locais de **harmonização** criativa entre projetos de dinamização sócio-econômica, a realidade cultural e político-institucional existente e iniciativas de gestão racional do meio-ambiente biofísico e construído.

Desta perspectiva **ecológico-política**, os sintomas que configuram a atual crise sócio-ambiental são correlacionados a um padrão de desenvolvimento sócio-econômico orientado por uma concepção "produtivista" de racionalidade social. Deste ponto de vista, o subsistema econômico das sociedades contemporâneas não considera adequadamente as dimensões decisivas do meio-ambiente visto enquanto (1) fornecedor de recursos naturais e receptor de dejetos das atividades humanas, (2) espaço onde se dão as interações entre processos naturais e sócio-culturais, e (3) "habitat" em sentido amplo, englobando a infra-estrutura física e institucional que condiciona as condições gerais de vida (habitação, trabalho, recreação, auto-realização existencial) de indivíduos, grupos e comunidades (Godard e Sachs, 1975).

Pelo fato de envolver necessariamente a consideração simultânea de um conjunto denso de variáveis sócio-econômicas, político-culturais, institucionais e ambientais num horizonte temporal mais amplo do que é geralmente adotado nos sistemas usuais de planejamento, a pesquisa de estratégias de eco-desenvolvimento deverá basear-se num tipo de prospecção rigorosa de cenários tendenciais via simulação por computador.

O desenvolvimento de cenários contribui, num primeiro momento, para o registro de tendências prováveis de intensificação dos atuais impactos destrutivos do processo modernizador em áreas críticas de degradação sócio-ambiental. O procedimento favorece também a especificação das condições gerais de viabilidade de estratégias alternativas em contextos sócio-culturais e ecológicos determinados, a partir do refinamento gradual de uma nova **axiologia sócio-política** centrada na abertura do sistema econômico à problemática das pré-condições de manutenção dos processos equilibradores da biosfera, bem como na constituição de um projeto alternativo da sociedade, para além das aporias atualmente sentidas entre os extremos do individualismo e do coletivismo (Holling, 1978; Lewis, 1985; Walker, 1987; Ávila e Santos, 1989; Fearnside, 1985; Bugnicourt et al., 1976; Bunge, 1988; Passet, 1979).

Desta plataforma de reorganização participativa da pesquisa social, experts em simulação poderão talvez visualizar seu engajamento em projetos interdisciplinares e interinstitucionais como formas de inovação social a serem avaliadas no contexto da criação a longo prazo de uma nova cultura política. Parece-nos também possível que os critérios de eficácia desta tentativa

de fusão do conhecimento teórico e da ação política possam ser gradualmente tomados como objeto de investigação, através dos poderosos recursos de avaliação multidimensional embutidos no enfoque sistêmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, H.G. e Santos, M.P.S. (1989). Cenários: o estudo de futuros alternativos. **Ciência e Cultura**, 41(3):241-249.
- Beishon, J. e Geoff, P. (1972). **Systems Behavior**. London, Harper & Row.
- Bertalanffy, L.V. (1968). **General Systems Theory**. New York, Braziller.
- Bohret, C. e Nagel, A. (1969). Politisches Entscheidungshilfsmittel Systemanalyse. **Politische Vierteljahresschrift**, 10:576-603.
- Bossel, H. (1978). **Burgerinitiativen entwerfen die Zukunft**. Frankfurt/Main, Fischer.
- Bossel, H. (1978). Computermodelle fur die Plananalyse: Hierarchie, Zielorientierung, Szenarien. In: Lenk, H. e Ropohl, G. (hrsg.). **Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm**. Konigstein/Ts., Athenäum, 127-50.
- Boudon, R. (1972). **Mathematische Modelle und Methoden**. Frankfurt/Main, Ullstein.
- Boulding, K. (1978). **Ecodynamics. A new theory of societal evolution**. London, Sage.
- Bugnicourt, J. (ed.) (1976). **Human Settlements Management Training in Africa. Experiments with simulation, gaming and prospects**. Dakar, ENDA.
- Bunge, M. (1988). Analytic Philosophy of Society and Social Science: the systemic approach as an alternative to holism and individualism. **Revue Internationale de Systémique**, 2(1):1-13.
- Checkland, P. (1972). Science and the Systems Movement. In: Beishon, J. e Geoff, P. (eds.). **Systems Behavior**. London, Harper & Row, 26-43.
- Fearnside, P.M. (1985). Modelagem estocástica na estimativa da capacidade de suporte humano: um instrumento para o planejamento do desenvolvimento na Amazônia. **Ciência e Cultura**, 38(8):1354-1365.
- Forrester, J.W. (1968). **Principles of Systems**. Cambridge, Mass., Wesley.
- Forrester, J.W. (1971). Counterintuitive Behavior of Social Systems. **Theory and Decision**, 2:109-140.
- Godard, O. e Sachs, I. (1975). L'environnement et la planification. In: Barrau, J. (org.). **Environment et Qualité de la Vie**. Paris, Guy le Prat, 207-247.
- Greenwood, E. (1956). Das Experiment in der Soziologie. In: **Praktische Sozialforschung**. Köln, Opladen.

- Habermas, J. (1968). **Technik und Wissenschaft als Ideologie**. Frankfurt/Main, Fischer.
- Harbordt, S. (1974). **Computersimulation in den Sozialwissenschaften**. Reinbeck bei Hamburg, Rowohlt.
- Harbordt, S. (1978). Probleme der Computersimulation. In: Lenk, H. e Ropohl, G. (hrsg.). **Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm**. Königstein/Ts., Athenäum, 151-165.
- Helmer, O. (1966). **Social Technology**. New York, Basic Books.
- Helmer, O. e Rescher, N. (1959). On the epistemology of the inexact sciences. **Management Science**, 6(1):25-52.
- Herrera, F. (org.) (1976). **Catastrophe or new society? A latin american world model**. Ottawa, IDRC.
- Holling, C.S. (1978). **Adaptative environmental assessment and management**. New York, Wiley.
- Inglehardt, R. (1977). **The silent revolution**. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Jenkins, G.M. (1972). The systems approach. In: Beishon, J. e Geoff, Peter (eds.). **Systems Behavior**, London, Harper & Row, 142-168.
- Klages, H. e Nowak, J. (1971). The mastering of complexity as a problem of the social sciences. **Theory and Decision**, 2:193-212.
- Laszlo, E. (1972). **Introduction to systems philosophy**. New York, Harper Torch.
- Laszlo, E. (1973). **The World System. Models, norms, applications**. New York, Braziller.
- Laszlo, E. (1977). **Goals for mankind**. London, Hutchinson.
- Lewis, C. (1985). **The use of dynamic systems analysis to assess the potential for enhanced "output" in the rural communities of developing countries**. Paris, United Nations University.
- Mayntz, R. (1967). **Formalisierte Modelle in der Soziologie**. Neuwied, Luchterhand.
- Meadows, D. (org.) (1978) **Limites do Crescimento**. 2.ed. São Paulo, Perspectiva.
- Mesarovic, M.D. e Pestel, E. (1974). **Strategie pour demain**. Paris, Seuil.
- Odum, E.P. (1988). **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara.
- Ophuls, William (1977). **Ecology and the politics of scarcity**. San Francisco, Freeman.
- Opp, K.D. (1970). The experimental method in the social sciences. **Quality and Quantity**, 4(1):39-54.
- Pagès, R. (1974). Das Experiment in der Soziologie. In: König, R. (hrsg.). **Handbuch der Empirischen Sozialforschung**. Stuttgart, F. Enke, Bd. 3.
- Passet, R. (1979). **L'économique et le vivant**. Paris, Payot.

- Rapport, A. (1968). Teoria general de los sistemas. In: **Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales**, 9:704-709.
- Relatório Dag Hammarskjöld (Que Faire?). (1975). Uppsala, Dag Hammarskjöld Foundation.
- Ropohl, G. (1974). Systemtechnik als umfassende Anwendung kybernetischen Denkens in der Technik. In: Händle, F. e Jensen, S. (hrsg.) **Systemtheorie und Systemtechnik**, Munchen, Nymphenburger, 191-214.
- Sachs, I. (1986). **Ecodesenvolvimento. Crescer sem destruir**. São Paulo, Vértice.
- Sachs, I. (1986). **Espaços, Tempos e Estratégias do Desenvolvimento**. São Paulo, Vértice.
- Stachowiak, H. (1973). **Allgemeine Modelltheorie**. Wien, Springer Verlag.
- Tinbergen, J. (1978). **Para uma nova ordem internacional**. Rio de Janeiro, Agir.
- Walker, K.J. (1987). Methodologies for social aspects of environmental research. **Social Science Information**, 26(4):759-782.
- Wiener, N. (1963). **Cibernética e Sociedade**. São Paulo, Cultrix.