



Ciência, Ética e Solidariedade;

Nelson Fiedler-Ferrara

Físico Teórico do Instituto de Física da USP

Mesa Redonda realizada em 6 de maio de 1998,
pela Associação Palas Atenas,
no Teatro da Universidade Católica de São Paulo.

As três colunas sobre as quais se apoia a minha posição, ou seja, a autonomia, a responsabilidade, a possibilidade de escolha... Permitam-me concluir a minha comunicação com uma proposição que poderia servir de Imperativo Ético Construtivista: "Agirei sempre de modo a aumentar o número total de possibilidades de escolha". (Heinz von Foester)

É um privilégio compartilhar destes momentos com o Professor Edgar Morin, esse artesão do pensar, esse escultor de formas no espaço das utopias, esse poeta semeando sonhos no jardim dos homens.

Nesta mesa-redonda busca-se refletir a respeito de quais seriam as bases de uma ética complexista. Essa ética, a meu ver, há de ser uma ética solidária, baseada na cooperação e na qualidade do que se produz, do que se vive e do que se pensa.

Vivemos um tempo de contradições. Se por um lado a técnica e as ciências produziram desenvolvimentos notáveis neste século, vive-se uma profunda crise ética. Faz-se necessária uma conjugação orgânica entre verdade, liberdade individual e justiça social.

Os homens que se preocupam com a ciência não estão imunes a essa crise. Competição - e não cooperação - e quantidade - e não qualidade - têm, infelizmente, sido a regra e não a exceção no meios de produção intelectual.

Ao buscar transitar entre as ciências exatas e as ciências do homem, preocupam-me certas - um fosso entre as ciências do homem e da natureza, ou então, no outro extremo, pretendem alcançar rigor e precisão, pelo uso inapropriado de conceitos de conceitos de outras ciências e de pretensos paradigmas unificadores que não se justificam em domínios onde a imprecisão devem dialogar para que a riqueza do objeto em estudo não seja perdida.

Para muitos, metáforas e analogias pertencem exclusivamente ao universo das humanidades. Nas exatas haveria essencialmente precisão e as teorias satisfariam critérios de verdade absoluta e seriam, por via de regra, construídas em consonância com os fatos e os dados do mundo.

Sem dúvida, há uma enorme quantidade de situações nas quais os resultados obtidos por meio de modelos e teorias reproduzem com excelente precisão os experimentos realizados. Porém, isso nem sempre ocorre.

Restringindo-me às ciências exatas - particularmente à física - pretendo apresentar alguns exemplos de teorias onde estão presentes certas características que muitas vezes são

imaginadas pertencer exclusivamente às ciências humanas. Considerarei três aspectos: a chamada subdeterminação das teorias pelos fatos ou dados, a inacessibilidade aos fatos ou dados e, finalmente, a questão das metáforas e analogias.

Fala-se em subdeterminação pelos fatos ou dados quando há várias teorias diferentes, não redundantes umas em relação às outras, que predizem- com a mesma exatidão- os fatos de observação. Nenhum procedimento experimental permite, nesse caso, diferenciar essas teorias. Apesar disso, os significados associados a cada uma delas, bem como as eventuais implicações de suas generalizações podem ser bastante diferentes. Esse fato é muito freqüente nas ciências humanas, particularmente em psicologia e lingüística. Quando isso ocorre, o valor de verdade torna-se relativo em relação a um critério de verdade absoluto, embora possa existir um valor de predição significativo relativamente a um grande número de fatos.

Nas ciências exatas podem-se citar muitos exemplos de subdeterminação das teorias pelos fatos. Um deles, talvez surpreendente para alguns, é a interpretação da mecânica quântica. Essa teoria é dotada de um algoritmo poderosíssimo - um processo para cálculo absolutamente não dúbio, e que fornece resultados concordantes, com alto grau de precisão, com a realidade expressa pelos experimentos. Contudo, há várias interpretações conceituais possíveis para a mecânica quântica, aparentemente consistentes com aspectos expressos pela realidade fenomenológica.

A mais utilizada e conhecida é a interpretação probabilística de Schrödinger, da chamada escola de Copenhague. Nessa interpretação, utilizam-se funções de onda que resultam da solução de uma equação - a equação de Schrödinger. Os valores de posição de uma partícula, velocidade, e outras grandezas de interesse são calculadas apenas como valores médios, utilizando-se a função de onda e um procedimento matemático adequado. A equação de Schrödinger, mais esses procedimentos matemáticos, constituem o algoritmo a que nos referimos anteriormente. A função de onda ou, mais exatamente, o seu módulo ao quadrado, é interpretado como a probabilidade de encontrar a partícula numa dada região do espaço.

Heisenberg, um outro expoente da ciência deste século, desenvolveu uma apresentação alternativa para a mecânica quântica que utiliza uma álgebra de operadores, e não funções de onda; a interpretação probabilística é mantida nesse caso. Outras representações foram desenvolvidas, produzindo algoritmos também eficientes. Há, entretanto, outros trabalhos, onde, apesar de utilizarem funções de onda e de se manter a interpretação probabilística - mantendo-se assim o algoritmo - , alteram-se pontos chave da visão da Escola de Copenhague, o que não cabe aqui discutir dados e aspectos técnicos envolvidos. Há também propostas nas quais o papel do observador - central na mecânica quântica de Schrödinger- não está presente, sendo substituído pela interação do sistema com o meio. Há mesmo uma linha de trabalho a eletrodinâmica estocástica - onde são propostas interpretações conceituais alternativas para fenômenos tradicionalmente tratados utilizando-se a teoria quântica. Recuperam-se alguns dos resultados quânticos utilizando-se física clássica mais um termo aleatório representando a radiação de fundo de três Kelvin, espécie de fóssil da grande explosão inicial (big-bang). Entretanto, os resultados fornecidos pela eletrodinâmica estocástica são ainda bastante preliminares, e a teoria encontra-se em desenvolvimento.

De uma maneira geral, não há, até o momento, evidências experimentais que permitam decidir entre uma ou outra interpretação da teoria quântica, ou mesmo, concluir-se pela absoluta impossibilidade de um formalismo alternativo à mecânica quântica consistente com os experimentos. Preserva-se, entretanto, o algoritmo que, conforme afirmamos, é muito eficiente, operacional e correto. Assim, há de se ter cautela em não se generalizar a mecânica quântica em outros domínios para se chegar a conclusões com sentido de verdade absoluta, principalmente quando o que se afirma não é passível de verificação experimental.

Um outro exemplo de subdeterminação pelos fatos é dado no âmbito do pensamento da complexidade quando se busca fornecer uma medida sistêmica para complexidade. Há

dezenas de definições, todas operacionais, para classes específicas de sistemas, e não redundantes umas em relação às outras, na maior parte das vezes.

Complexidade pode ser medida como número de elementos, correspondendo ao número mínimo de elementos para se realizar uma tarefa, não se levando em conta quão intrincadas são as interconexões entre os componentes. Outras definições tratam complexidade como quantidade de retroalimentação, levando-se em conta não somente o número de conexões, mas também a quantidade de conexões de retroalimentação do sistema. Em algumas propostas, complexidade é tratada como heterogeneidade, sendo função do número de tipos de elementos do sistema, por exemplo, número de espécies de um ecossistema. Em outras, complexidade é considerada como dificuldade de descrição, como informação que nos falta a respeito de um sistema para a sua compreensão completa. Complexidade é também mediada com "complicação", no sentido do número de etapas necessárias para descrever um sistema. Nessa categoria pode-se falar em complexidade computacional, isto é, a dificuldade intrínseca de um problema, mediada, por exemplo, pelo tempo (ou tamanho do código binário) requerido para a sua resolução pelo melhor algoritmo. Em algumas definições, complexidade é a mediada de quão difícil é juntar partes de um sistema, não sendo propriedade do objeto, mas do processo para compor o objeto.

Complexidade pode ser tratada como não coincidência descritiva.. Nesse caso, um sistema pode ser descrito por meio de diferentes decomposições em subsistemas. Se tais decomposições não tiverem fronteiras que coincidam espacialmente, o sistema é descritivamente complexo; se coincidirem, o sistema é descritivamente simples. Quando a decomposição é feita segundo as relações causais, obtém-se complexidade interacional. Algumas definições propõem que a complexidade não tem um valor absoluto, mas relativo, o qual depende da escolha do nível de definição ou das dimensões mínimas dos elementos constitutivos. A escolha desse nível é influenciada, além do julgamento subjetivo, por aspectos objetivos como níveis de interação, relações lógicas ou organizacionais ou outros. Pode-se, então, estimar complexidade, segundo essa definição, a partir de quatro atributos: numerosidade (número total de componentes elementares), variedade (número de tipos diferentes de sistemas elementares), tipos de componentes e organização. Complexidade é, assim, sempre uma qualidade subjetiva e relativa: sua estimativa depende das finalidades do observador, que pode ser qualquer sistema interno ou externo.

A subdeterminação pelos fatos, no caso da definição de uma medida sistêmica para complexidade, se deve principalmente à variedade de situações e tipicidades presentes na fenomenologia dos sistemas ditos complexos que se pretende descrever. É bastante provável que não se poderá dispor de uma única definição aplicável às várias situações presentes na natureza. Apesar disso, é possível desenvolverem-se métodos adequados para o tratamento analítico ou computacional desses sistemas na construção de modelos que muitas vezes reproduzem bastante bem os resultados experimentais.

A constatação da subdeterminação das teorias pelos fatos ou dados não é nova. Deve-se assinalar que, já no começo do século, alguns notáveis cientistas, entre eles Henri Poincaré, defendiam a idéia do relativismo como benéfico para o desenvolvimento científico.

O segundo aspecto que pretendo considerar- a inacessibilidade dos fatos ou dados- está bastante presente nas ciências do homem. Pense-se nas dificuldades encontradas em psicologia, em sociologia ou em educação. Dois exemplos ilustram de maneira inquestionável esse fato em física. Exemplos também surpreendentes.

O primeiro diz respeito às teorias de grande unificação, particularmente as chamadas teorias de cordas, área de pesquisa teórica onde têm sido publicados milhares de artigos nas últimas décadas. Essas teorias tratam de fenômenos que ocorreriam em energias da ordem de um quatrilhão a dez quinquilhões de unidades de energia. Contudo, os dispositivos para ensaio experimental disponíveis não permitem verificação além de mil unidades da mesma energia. Assim, tratam-se de teorias que têm sido desenvolvidas sem que os fenômenos previstos possam ser acessados experimentalmente e os resultados verificados.

Um outro exemplo ilustrativo da inacessibilidade dos dados vem da teoria do caos determinístico. Um problema importante nessa área de pesquisa é o da caracterização de sinais experimentais que apresentam comportamento caótico. Numa situação experimental típica, monitora-se apenas uma variável em função do tempo; sabe-se, porém, de antemão, que estão envolvidas outras variáveis. Por exemplo, podemos medir a pressão em um sistema como função do tempo. Contudo, sabemos, dadas as particularidades desse sistema, que a pressão depende também de outras variáveis como a densidade do material, a sua temperatura, a sua condutividade elétrica e outras. Essa limitação pode, em princípio, ser superada utilizando-se um procedimento matemático denominado reconstrução do atrator. Com efeito, em sistemas caóticos determinísticos, a evolução temporal para tempos longos é representada por um objeto matemático denominado atrator, cuja estrutura topológica apresenta características de auto-similaridade. Faço-me mais claro. No espaço abstrato dos parâmetros necessários para representar completamente o sistema e a sua evolução (no caso do exemplo da pressão, esse espaço teria como eixos: tempo, densidade, temperatura, condutividade etc.), a trajetória do sistema (sua história) para tempos longos é representada por um objeto - chamado atrator - de dimensão não inteira (dimensão fractal) que apresenta essa característica de auto-similaridade, isto é, de repetir-se a si mesmo à medida que é ampliado.

Tal objeto se denomina um fractal, e esses atratores, quando associados a sistemas que apresentam comportamento caótico, chamam-se atratores estranhos. Ao se conhecer e estudar o atrator de um sistema, pode-se compreender e quantificar muito do seu comportamento, obtendo-se informações sobre as suas propriedades com um todo.

O procedimento de reconstrução do atrator é baseado num teorema matemático - o teorema de Takens - que é rigorosamente demonstrado para um número infinito de dados experimentais, na ausência de qualquer forma de ruído (mesmo ruído eletrônico do aparelho de medida), e para comportamento errático (caótico) apenas no tempo, e não no espaço. Essas condições não são satisfeitas nos experimentos; as séries temporais disponíveis são, em geral, de poucos milhares de pontos, há ruído eletrônico e outras perturbações do meio circundante presentes, e, na maior parte dos casos, analisam-se sinais com comportamento turbulento, isto é, comportamento errático no espaço e no tempo. Assim, ao se utilizar a reconstrução do atrator, não há absolutamente garantia de se estar analisando algo que tenha qualquer relação com o mundo real. Mais que isso, as análises que se fazem dos atratores partem do princípio que esses atratores existem, o que, diga-se de passagem, não é também possível demonstrar-se com rigor matemático. Contudo, esse procedimento é a única maneira de se tratar séries temporais de uma única variável.

O terceiro aspecto - a ocorrência de metáforas e analogias - tão presente nas ciências humanas, particularmente nas reflexões sobre a arte, ocorre também nas ciências ditas exatas. Os exemplos seriam muitos. Restrinjo-me novamente ao uso da teoria do caos determinístico quando aplicada a situações quais são claramente de turbulência. Conforme foi dito antes, caos determinístico é caracterizado por comportamento errático apenas no tempo; turbulência é caracterizado por caos espaço-temporal e um grande número de variáveis significativas (graus de liberdade) envolvidas. Em geral, a teoria do caos determinístico está bem desenvolvida (em particular a noção de atrator, e os procedimentos para caracterização de caos) para poucos graus de liberdade. Ora, não nada que justifique o uso da teoria do caos e seus métodos a situações de turbulência, senão testarem-se limites das teorias. Entretanto, muitas vezes, essas analogias e metáforas são levadas longe demais, fornecendo conclusões absolutamente incorretas e duvidosas. O mesmo se pode dizer da utilização da teoria do caos aos sistemas cuja dinâmica evolui com o tempo, ou nos quais interferem crises ou mudanças bruscas, como é o caso, por exemplo, da economia e da sociologia. Esses resultados devem ser vistos com absoluta cautela.

Espero ter ilustrado, por meio desses poucos exemplos, o quanto as ciências exatas e as ciências do homem podem compartilhar aspectos, sejam de caráter limitativo, sejam revelando potencialidades. Não me parece correto imaginar-se que se está sendo automaticamente "científico" ao se utilizarem métodos e conceitos das ciências exatas em humanidades. Fazê-lo, é verdade, pode enriquecer bastante a análise que se pretende,

revelando novas nuances e métodos de abordagem, mas a pertinência e conseqüências positivas dessa utilização devem ser demonstradas. Nesse momento se estará sendo rigoroso.

No desafio da construção de uma Ciência Nova - transdisciplinar - haveremos de ser artesãos. O artesão dá forma transitando continuamente entre a forma e a não-forma - dialogicamente.

Como intelectuais à procura de um mundo em equilíbrio, devemos buscar superar a cisão que a classe dominante fez entre progresso e desenvolvimento, entendendo esse último como altos índices de rendimento dos fatores de produção, isto é, os recursos naturais, o capital e o trabalho. Por progresso deve-se entender o uso éticos dos resultados do trabalho no sentido de acumular aquisições materiais no sentido de acumular aquisições materiais e de conhecimentos objetivos capazes de transformar a vida social, e de conferir-lhe maior significado e alcance no contexto da experiência humana. Desenvolvimento sem progresso é barbárie. O desafio é, num primeiro momento, tomar consciência da dissociação entre progresso e desenvolvimento, para em seguida buscar maneiras de superar essa cisão. A responsabilidade daqueles que fazem ciência nesse sentido é enorme.

Desenvolvimento com progresso só se faz quando princípios éticos guiam primordialmente as relações humanas, em particular o trabalho intelectual. Ao cidadão cabe cobrar daqueles que fazem ciência esses princípios, mais isso obrigá-lo também à adoção de atitudes igualmente éticas no sentido de uma sociedade justa. Nosso olhar sobre o mundo dever ser de totalidade, de abertura, de leveza, de clareza, de flexibilidade e de sensibilidade. Apenas uma ética solidária - cooperativa e baseada numa intenção de qualidade do que se pensa e se faz - pode permitir a superação dos dilemas nos quais estamos mergulhados.