

1 INTRODUÇÃO

1.1 LIMITAÇÕES NA ABORDAGEM DA ENERGIA

A intervenção humana na natureza para a produção de energia, historicamente, tem considerado de forma pouco apropriada as regulagens ecológicas. Apenas para citar um exemplo, na Idade Média, sobretudo entre os séculos XI e XIII, houve uma devastação de milhões de hectares de florestas e pântanos da Europa por conta da expansão da área agrícola, do consumo de lenha, para fins domésticos e para as forjas, e da madeira para a marcenaria, para a construção civil e naval. A devastação era tão grave que o poder Real teve que intervir.

Parece que a história está se repetindo, pois a crise ambiental foi um dos primeiros indicadores de que a questão energética estava sendo mal conduzida novamente, mas agora em proporções planetárias e de uma forma muito mais multifacetada.

A gravidade da crise ecológica torna urgente o aparecimento de uma sociedade onde as opções produtivas sejam função do valor de uso real dos produtos, e não mais determinadas pela lógica implacável de uma acumulação material cada vez mais esbanjadora de energia. Os ecologistas têm, sem nenhuma dúvida, razão ao ressaltar a contradição entre a destruição acelerada dos estoques de energia, produzida por este crescimento e a finitude da biosfera. Mas eles devem também render-se a esta evidência: assim como não há ilusão possível contra as leis da ecologia, não há ilusão possível contra os condicionantes sociais e históricos. (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993, p.8-9).

A questão energética é complexa. Diversos aspectos têm papel importante, inclusive o histórico. Atualmente, se reconhece que há complexidade, porém, os métodos de estudo e, sobretudo, uma visão mais multidisciplinar por parte dos pesquisadores ainda está em desenvolvimento, encontrando, também, muitas barreiras, pois se trata de uma fase de percepção das limitações. Mais ainda em uma área onde tecnologia, sociedade e meio ambiente caminham juntas e que, no entanto, foram tratadas de forma bastante independente por tanto tempo.

E esse desenvolvimento se dá, muitas vezes de maneira conflituosa, quando as antigas abordagens e métodos são incapazes de lidar com os novos problemas (KUHN, 2005). A inclusão das variáveis ambiental e social mostrou, justamente, algumas limitações das abordagens e métodos típicos e tradicionais, em especial, os da Engenharia.

Para começar, podem-se citar dois gargalos: trabalhar com aspectos qualitativos e pensar/manipular problemas não-lineares (onde o teorema de superposição, de forma geral, é inválido). Ambas estão ligadas às origens do pensamento científico.

Apesar da grande variedade dos problemas de Economia e Engenharia, eles são tratados, essencialmente, de forma quantificada. Ao introduzir o meio ambiente e a sociedade nas avaliações deparou-se com a dificuldade de quantificar esses aspectos. Como quantificar um bom meio ambiente? Ou ainda, quanto custa uma sociedade feliz?

O outro aspecto era a linearidade dos equacionamentos. Os problemas eram linearizados, ou seja, eram simplificadas as realidades mais complexas colocando de lado diversas interações consideradas “desprezíveis” para possibilitar manipulações matemáticas já conhecidas. Assim, era possível encontrar soluções de um problema composto lançando-se mão do teorema da superposição, onde se somavam as soluções das partes esperando obter-se a resposta correta. Um exemplo, conhecido dos eletricitistas, é a teoria de circuitos elétricos, que é uma simplificação, para aplicações específicas, da teoria eletromagnética.

Agora se reconhecem problemas que não são passíveis dessa simplificação. As interações, dependências e acoplamentos, são cruciais. Não é possível separar a sociedade do meio ambiente e os empreendimentos energéticos de seus impactos.

Apreciando a origem da reflexão sobre a Energia, e do pensamento científico em geral, fica claro porque hoje há tantas dificuldades:

Desde a formação do pensamento científico, e em particular desde a introdução da noção de energia pelo físico inglês Young, no início do século XIX, e o advento da termodinâmica, uma imagem se impôs, aos poucos: energia é uma pura realidade física controlável por processos técnicos segundo uma lógica puramente econômica. O estudo cada vez mais

especializado destes processos e desta lógica - máquinas, capitais, organizações do trabalho, redes de troca - formou a base sobre a reflexão da energia. Esta foi pensada como um dado bruto, implicitamente considerada neutra, ilimitada, inesgotável como a água e o oxigênio, desprovido de qualquer influência particular sobre a evolução social (à qual, pelo contrário, é subordinada), dominável à vontade. Para as ciências humanas, a energia não existe como objeto de conhecimento. (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993, p.12).

Observando este trecho, outros gargalos podem ser destacados: o abuso das generalizações, o determinismo e, sobretudo, a incapacidade de ver e pensar um problema como um todo.

Foi dada à Energia uma generalidade, no mínimo, pouco conveniente para seu estudo. Pode-se demonstrar isso da seguinte forma: toda atividade material (e a própria matéria), que vai do nível subatômico ao nível cósmico, envolve energia. Seguem as mesmas definições físicas, no entanto, cada qual necessita de uma perspectiva particular para uma análise apropriada. No nosso caso, fica claro que apenas a definição física, que é a que se dá geralmente, agrega muito pouco para o nosso tipo de estudo. Neste trabalho, se tratará de contextualizar a Energia.

Com relação ao determinismo simplista, em especial, àquele implícito nas leis matemáticas, que dão uma crença no controle e na previsibilidade dos acontecimentos, apesar da existência das aleatoriedades inerentes a todo evento. Mesmo, que fosse possível, em princípio, prever o futuro, isto está além de nossas capacidades atuais. É uma questão relevante para o planejamento energético e para a construção de cenários futuros com novas alternativas (fontes e conversores).

Por fim, a dificuldade em ver e pensar sobre uma totalidade. Por exemplo, um ser humano é uma totalidade. A vida é uma propriedade dele como um todo. Problemas no corpo ou na mente, apesar de serem partes afetam o indivíduo inteiro. A vida e outras propriedades, chamadas de propriedades emergentes (este conceito será esclarecido oportunamente), só

podem ser entendidas nesse nível. Logo, sociedade e meio ambiente devem ser entendidos também como totalidades indivisíveis.

As limitações apontadas são decorrentes de uma deformação que se dá pela tentativa de simplificar, dividir e separar o complexo. A realidade, não só da Energia, é um todo integrado (um complexo ou um sistema) que eventualmente foi simplificado e repartido por questões metodológicas e ideológicas. Essa forma de abordar o mundo (também denominado de paradigma) é chamada de reducionismo.

O paradigma reducionista tem desdobramentos que vão muito além da problemática energética, que é apenas uma faceta de uma crise mais ampla (CAPRA, 1999b, 2003; MORIN, 2001).

1.2 AMPLITUDE DA CRISE. ISSO É DESENVOLVIMENTO?

Desde a Conferência de Estocolmo (United Nations Conference on the Human Environment) em 1972, houve um reconhecimento aberto e amplo dos graves problemas ambientais (aquecimento global, chuvas ácidas, desastres ecológicos, etc) e sociais (extrema pobreza e má distribuição de renda) decorrentes da grande ênfase no crescimento econômico (REIS; SILVEIRA, 2001).

Em 1987, foi elaborado o relatório Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland), que, entre outras coisas, liga a pobreza aos problemas ambientais e ressalta a relação entre paradigma de desenvolvimento e suas repercussões no meio ambiente. Assim também surge o conceito de Desenvolvimento Sustentável que foi definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade de gerações futuras de também satisfazerem suas próprias necessidades (REIS; SILVEIRA, 2001).

Em todas essas discussões, e nas posteriores também (Rio 92, Rio+10, etc), se chamou a atenção para as diferenças entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, destacando a maior responsabilidade dos primeiros sobre os problemas ambientais e sociais, lhes cabendo também auxiliar os segundos. Sempre ficou implícito que o patamar de país “desenvolvido” era uma meta que os países “em desenvolvimento” buscavam alcançar.

Mas, será que ser “desenvolvido” é tão desejável assim?

Vejamos o seguinte mapa com a incidência de todos os tipos de câncer, em homens, menos o melanoma. O mapa com a incidência em mulheres e aqueles com a incidência do melanoma em ambos os sexos são semelhantes a este.

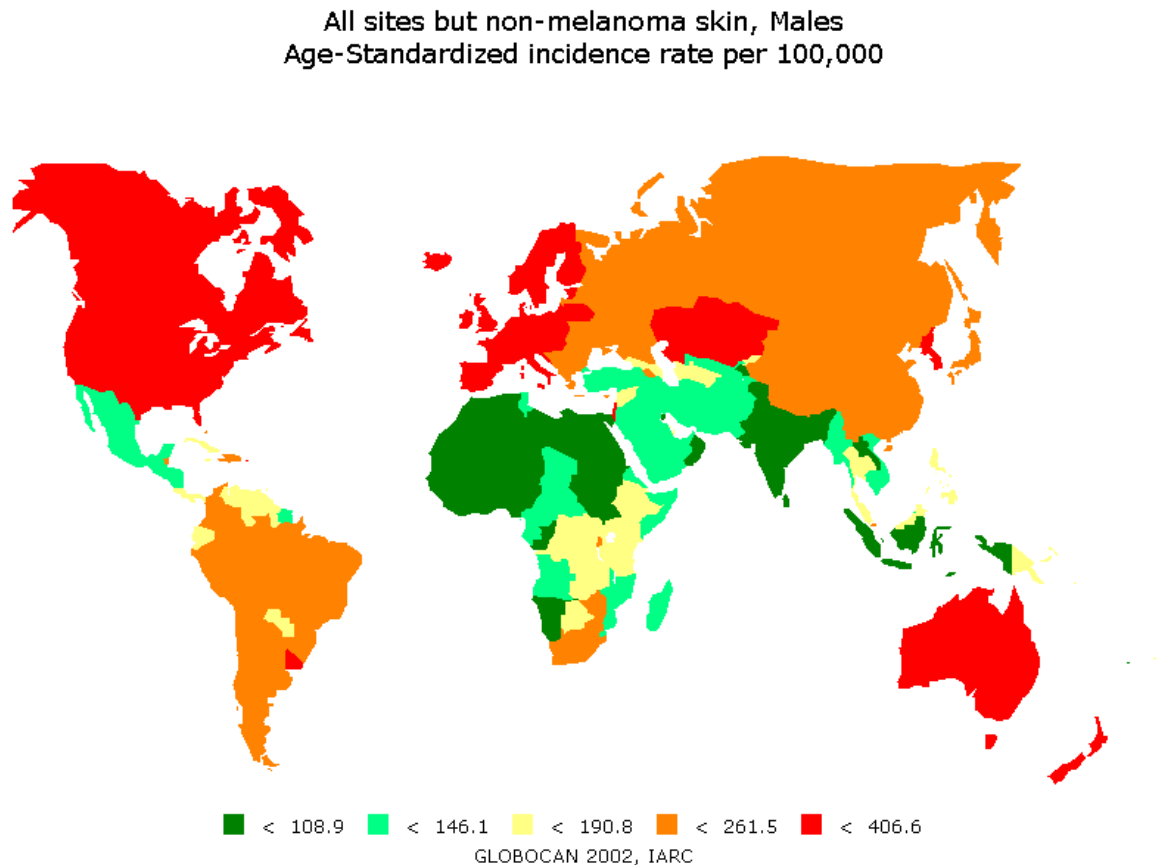


Figura 1: Mapa com a taxa de incidência de câncer 2002 (Fonte: www-dep.iarc.fr)

A estatística usa um artifício chamado *age-standardized*, para desconsiderar a idade da população, já que o câncer é muito dependente deste parâmetro. Se o artifício não fosse usado deformaria os índices, dada a diferença de expectativa de vida de cada país. Portanto, o mapa mostra a incidência em um denominador comum.

O câncer foi escolhido, porque é uma doença estreitamente ligada a estilos de vida e estados mentais negativos.

Então, em princípio, a afluência econômica deveria trazer bem-estar, mas isso não ocorre. Seria até possível concluir do mapa que a riqueza faz mal, mas não se irá tão longe.

O que se quer destacar é que a questão do bem-estar e do Desenvolvimento também é complexa e que, assim como a Energia, foi tratada de forma reducionista. Aqui se observa uma redução do desenvolvimento à economia.

Da Conferência de Estocolmo em diante é possível notar que houve uma complexificação (esta palavra, assim como complexificar, não existe no dicionário, no entanto, ao longo do trabalho se requer uma expressão que denote o aumento da complexidade, por isso, o seu uso) do conceito de desenvolvimento, mas ainda parece haver uma dificuldade para conceber aspectos mais qualitativos. Os parâmetros mais comuns para traduzir o nível de desenvolvimento (como os índices de tamanho ou de crescimento econômico (PNB, PIB, etc), que se referem ao acúmulo de bens materiais, e a expectativa de vida, que se refere à longevidade) são de fácil quantificação.

O uso de indicadores mais abrangentes, como o IDH, por exemplo, tentam cobrir lacunas, mas certamente são insuficientes. O bem-estar, felicidade, satisfação, “*qualidade de vida*” (expressão muito popular atualmente), “*qualidade ambiental*” são qualidades que esses parâmetros deveriam traduzir, mas não o fazem.

Então, anteriormente se reduziu o desenvolvimento a parâmetros econômicos. Hoje, se usam parâmetros mais abrangentes (o IDH é composto por PNB, expectativa de vida e educação), sem, no entanto, deixar de simplificar aspectos qualitativos em quantitativos.

Esse modelo tem afetado não só a sociedade global (com as disparidades já destacadas), mas, também, os indivíduos que têm vidas com excessiva competição, stress, alimentação de má qualidade (os países “desenvolvidos” têm problemas graves de obesidade na população). Houve uma perda da noção de comunidade, de pertencer e ser útil para um grupo, há sentimentos de vazio existencial, como se a vida não tivesse sentido fora da competição cotidiana. Estes são sintomas da crença da independência dos indivíduos em relação à comunidade e da vida como uma luta competitiva pela sobrevivência (CAPRA, 1999a) (ver ANEXO A, que contém uma discussão mais detalhada).

Ironicamente, no competitivo mercado global de negócios, onde se busca apenas ganhos financeiros individuais, há indícios de que, até aí, a abordagem reducionista é prejudicial, limitando os lucros e a duração dos negócios (COLLINS; PORRAS, 2000).

Existem diversas definições de desenvolvimento, se dará mais uma: Desenvolvimento é um processo que está vinculado ao bem-estar da sociedade como um todo. O processo iria de um estado inicial a um final, onde o estado final é qualitativamente melhor que o inicial.

Foi feita esta discussão sobre Desenvolvimento, indo além da problemática energética, para vislumbrar a extensão e de que forma os paradigmas influenciam a maneira como é abordada a realidade.

O paradigma reducionista influenciou o pensamento ocidental por quase quatro séculos. Suas limitações foram observadas há pelo menos dois (CAPRA, 2003), mas apenas no começo do século XX seus fundamentos científicos foram realmente abalados. Com as descobertas da Física Moderna (a teoria da Relatividade e a Física Quântica), deu-se um pesado golpe na crença da constituição da matéria por partes superpostas, na separação do

espaço e do tempo e do determinismo simplista. Foi uma grande crise científica (CAPRA, 1999a, 1999b) e propiciou uma viragem paradigmática na Física (KUHN, 2005) e indiretamente nas demais ciências. Outras descobertas, com destaque para a Astronomia, e o aparecimento de novas teorias, como a Teoria de Sistemas, a Cibernética e a Ecologia, começaram a consolidar um novo paradigma de pensamento. Esse pensamento tem sido chamado de holístico, sistêmico e, mais recentemente, de complexo (CAPRA, 2003).

Se tratará de examinar a questão da Energia a partir de um enfoque complexo, que apresenta uma perspectiva e algumas ferramentas para abordar problemas integrados formando uma totalidade que, por sua vez, está inserida em um determinado contexto. Assim, será mostrada uma nova abordagem para as interações da Energia com a biosfera, a esfera social e a esfera econômica. Estas interações vistas como um todo, mostram muitos aspectos que não são evidentes de outra maneira. Dessa forma, seria possível avaliar melhor as questões tecnológicas, econômicas, sociais, ambientais e políticas. Questões em que a simplificação recai, invariavelmente, no erro.

1.3 OBJETIVOS

Um dos objetivos desta dissertação é mostrar a influência dos ditos paradigmas na ciência e na cultura geral. Que o paradigma reducionista é causador de problemas e que é incapaz de lidar com questões complexas.

Dados os argumentos anteriores, surge a necessidade de uma nova abordagem, um novo paradigma de pensamento. Uma abordagem que fosse capaz de ver, não apenas, os problemas como um todo, mas o mundo, a sociedade e os indivíduos. Em especial, para a Energia que é evidentemente multidisciplinar e de grande impacto.

Assim serão apresentados os principais conceitos de sistemas e complexidade. Serão introduzidos conceitos, propriedades e ferramentas da Teoria Geral dos Sistemas, da Teoria das Estruturas Dissipativas, e da Complexidade. Se assumirá que são aplicáveis às entidades estudadas, que são a própria Energia, o meio ambiente (biosfera), a sociedade e a economia.

Tudo isso para tratar de avaliar a Energia no seu contexto (macroconceito), ou seja, inserido na natureza e na sociedade. Assim, serão mostradas as interações da Energia com a biosfera, a esfera social e a esfera econômica, cada qual com suas regulagens e leis. Essas interações, quando avaliadas no interior de uma totalidade, evidenciam aspectos que ficam quase ocultos em outras perspectivas.

Assim, as tecnologias, políticas e questões econômicas, poderiam ser consideradas de um novo ponto de vista. Nos empreendimentos de Energia Elétrica isso é especialmente importante, já que são muitas vezes de grande porte, o que implica grandes impactos, de repercussões multidisciplinares.

Dada a importância de uma nova abordagem, se faz necessário sua transmissão. A Educação teria um papel chave.

Aqui se fará uma sugestão nesse âmbito: nova abordagem em uma disciplina de graduação em Engenharia Elétrica. É a disciplina PEA 2200 - Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade oferecida no segundo ano do ciclo básico da Engenharia Elétrica da EPUSP.

Então, o trabalho está organizado da seguinte forma: começa com a explicação do conceito de “paradigma” que é importante para o entendimento geral e proporciona uma oportunidade de reflexão. Em seguida, será descrito o paradigma reducionista, sua origem e seus desdobramentos na Energia. Logo depois é apresentado o paradigma Complexo, como uma abordagem mais conveniente para as questões energéticas modernas. Nesta parte serão apresentados os conceitos-chave da abordagem complexa. Finalmente, por ser a educação um grande vetor para mudanças, se pretende dar uma pequena contribuição, sugerindo modificações em uma disciplina de graduação em Engenharia Elétrica (PEA 2200 - Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) oferecida na EPUSP.

Não é pretensão deste trabalho encontrar soluções, mas propor alternativas de perspectiva para encarar as grandes questões que estão colocadas atualmente. A Energia certamente é uma delas.

2 PARADIGMAS

2.1 O QUE É PARADIGMA?

A palavra paradigma vem do grego *paradeigma* pelo latim *paradigma*, que significa padrão, modelo, norma, exemplo. Em outras palavras, uma referência, que como qualquer outra, nos permite fazer comparações, avaliações e, eventualmente, julgamentos.

A noção e o vocábulo têm um uso bastante difundido e diversificado. No contexto deste trabalho, se usará paradigma para designar princípios, valores, crenças, de uma pessoa ou comunidade, que formam uma visão específica de mundo. Essa visão força o observador a escolher certos aspectos da realidade em detrimento de outros.

Um exemplo grosseiro, apenas para ilustrar, seria de um técnico de futebol e um estilista de moda, que ao assistirem um jogo de futebol, escolheriam aspectos diferentes para observar e que cada um considera relevante: o primeiro veria a formação dos jogadores, a estratégia, a qualidade técnica, o condicionamento físico, etc, o segundo se fixaria nos uniformes, na cor, no corte, nas combinações, etc. Isso faz parte de nossa cognição e, claro, ocorre em níveis mais sutis, havendo muitas escolhas por critérios inconscientes ou não explícitos. Assim como as ideologias, os paradigmas são considerações que normalmente nos escapam apesar de decisivas (MAGALHÃES, 2005).

Segundo Morin (2001, p. 14-15):

Todo conhecimento opera por seleção de dados significativos e rejeição de dados não significativos: separa (distingue ou desune) e une (associa, identifica); hierarquiza (o principal, o secundário) e centraliza (em função de um núcleo de noções mestras). Estas operações, que utilizam a lógica, são de fato comandadas por princípios ‘supralógicos’ de organização do pensamento ou paradigmas, princípios ocultos que governam a nossa visão das coisas e do mundo sem que disso tenhamos consciência.

Thomas Kuhn mostrou este fato no desenvolvimento da ciência e nas comunidades científicas. Definiu paradigma científico como “uma constelação de realizações – concepções,

valores, técnicas, etc. – compartilhada por uma comunidade científica e utilizada por essa comunidade para definir problemas e soluções legítimos” (KUHN, 2005, p.).

Portanto, um paradigma nos dá a noção do que é mais relevante e do que é menos. Quais e como são os problemas que devem ser estudados. Esta é uma questão epistemológica.

Para nós, duas características dos paradigmas são essenciais: primeiro seu conteúdo de valores e segundo o fato de que eles mudam ao longo do tempo (CAPRA, 1999b; KUHN, 2005).

2.2 PARADIGMA REDUCIONISTA

Paradigma reducionista é a visão, ou conjunto de valores e crenças baseadas no reducionismo. O reducionismo é a tendência de reduzir os fenômenos complexos em seus componentes constituintes e considerá-los como mais importantes que os próprios fenômenos observados, onde cada componente é essencialmente independente dos outros. Uma simplificação do complexo seria a soma de seus elementos independentes, desconsiderando as interações mútuas. Dessa forma é possível a separação do objeto estudado de seu contexto, tanto de seu ambiente, como de seus observadores.

As idéias essenciais do paradigma reducionista são antigas. É possível atribuir às filosofias da Grécia Antiga suas linhas gerais, em especial, à teoria atômica.

A teoria atômica foi criada por Leucipo (500-430 a.C.) e desenvolvida e refinada por seu discípulo Demócrito (460-370 a.C.), ambos contemporâneos de Sócrates. Ela propunha a invariância em certas substâncias cuja combinação e separação dão a origem ao mundo variável (SOUZA, 1999). A matéria seria composta por diminutas partículas chamadas átomos, corpúsculos indivisíveis, daí seu nome (*a-não, tomos-divisão*), e plenas ou maciças.

Esses blocos sem vida se moviam no vácuo. Movimento causado eventualmente por forças espirituais essencialmente distintas à matéria (SOUZA, 1999). Esse dualismo é marca do pensamento ocidental, a mente e a matéria, o corpo e a alma (CAPRA, 1999a, 1999b).

No entanto, a estrutura atual deste padrão foi idealizada e consagrada por pensadores dos séculos XVII, XVIII e XIX.

Após a Idade Média, com o Renascimento, o interesse pela natureza foi retomado e a ciência baseada em experimentos foi introduzida. A linguagem usada era novamente a matemática (a mesma usada pelos gregos antigos).

Este modelo de ciência, ou seja, conhecimento empírico e matemático, foi usado pela primeira vez por Galileu Galilei (1564-1642). A ele se atribui a exclusão da qualidade na ciência, reduzindo o estudo a aquilo que podia ser medido e quantificado (CAPRA, 1999b), num ideal de objetividade.

As bases filosóficas da ciência moderna foram lançadas no século XVII por René Descartes (1596-1650), cujo pensamento formulava um dualismo extremo entre espírito e matéria. Sua visão da natureza se baseava numa divisão fundamental entre dois reinos separados e independentes: o da mente (*res cogitans*) e o da matéria (*res extensa*) (CAPRA, 2003; MORIN, 2001).

Isso deu ensejo ao mecanicismo que é a metáfora da realidade como sendo uma máquina. No período de Descartes, os relógios eram considerados mecanismos perfeitos que podiam ser usados como analogia à natureza. O corpo humano, por exemplo, não passaria de um mecanismo de relojoaria mais elaborado. Uma característica marcante do mecanicismo é o determinismo. Onde o futuro pode ser completamente previsto por dados do passado. Isso significa que eventos qualitativamente novos não podem ocorrer. Assim, a evolução não seria possível (CAPRA, 2003).

Isaac Newton (1642-1727) deu as bases teóricas e matemáticas ao criar um modelo físico consistente da natureza. Desse ponto em diante o paradigma reducionista cresceu e se consolidou nos séculos posteriores na ciência e nas crenças das pessoas em geral.

Na área de Energia isso ocorreu no princípio do século XIX, a partir da definição de energia dada pelo físico inglês Thomas Young¹ e com o surgimento da termodinâmica anos depois.

Sociedade e meio ambiente eram pouco ou nada considerados, já que fugiam às competências técnicas das disciplinas exatas, e sua obsessão pelas quantidades, ou aos vieses das disciplinas econômicas.

Muitas críticas foram feitas ao reducionismo, ao longo de seu desenvolvimento, mas nunca perdeu seu status de “verdade”, dadas as evidências das ciências naturais e, sobretudo, do desenvolvimento da Física. Assim foi até o início do século XX, com as novas descobertas da própria Física, no advento da Teoria da Relatividade e da Física Quântica, se descobriu que os pressupostos de Descartes e Newton eram falsos. A realidade era essencialmente conectada e imprevisível. A independência das entidades (sobretudo, espaço e tempo) e o determinismo eram apenas aproximações (MORIN, 2001, 2003; CAPRA, 1999a, 1999b, 2003).

Essas evidências pareciam ser quase que puramente filosóficas e a metodologia reducionista continuava a ser usada sem maiores preocupações. Assim continuou-se a explorar os energéticos até que os impactos ambientais fossem de proporções planetárias, com a capacidade de causar mudanças climáticas (efeito estufa). Em especial, com os transportes e os empreendimentos termoelétricos, com combustíveis fósseis como carvão, óleo combustível e, inclusive, gás natural participando deste grave problema. Há impactos regionais (chuvas

¹ Uma curiosidade, Young foi um cientista proeminente que estudou diversos fenômenos, entre eles, a luz. Ele se opunha a Newton com relação à natureza dela. Foi Young que explicou a luz como fenômeno ondulatório e com suas famosas experiências (experiências de Young) sobre interferência, difração e polarização derrubaram a teoria newtoniana. Ironicamente, a dualidade partícula-onda da luz se tornou um dos grandes pontos de falência do mecanicismo.

ácidas), onde hidroelétricas mal planejadas e termoelétricas contribuem. Há também impactos locais (poluição do ar), onde o uso de combustíveis fósseis em veículos em geral, são responsáveis pelo monóxido de carbono, os óxidos de enxofre, fuligem, etc (GOLDEMBERG; DONDERO, 2003).

Os impactos da Energia no tecido social são estudados de uma perspectiva quantitativa. Como foi visto no mapa do câncer, a afluência e a comodidade não são sinônimos de bem-estar. Os benefícios são evidentes. E os malefícios? Existem? Quais são?

Outro sintoma é a incapacidade de refletir sobre os usos energéticos. Uma despreocupação e dificuldade em distinguir o que é necessário e o que é supérfluo. Fato preocupante, pois, em uma biosfera limitada, o crescimento constante é inconcebível. Portanto, mais dia ou menos dia, escolhas terão que ser feitas.

O planejamento energético atual está enfrentando dificuldades para equacionar os problemas contemporâneos. E não poderia ser diferente. Como foi visto, apesar da tentativa de incluir mais aspectos (social e ambiental) às análises, os métodos e a forma de encarar as questões energéticas são inadequados para a sua complexidade.

Mesmo o pensamento ecológico, que deveria ampliar a visão, tende a centralizar-se no meio ambiente, separando-o dos fenômenos humanos.

Em face aos fatos, é evidente que uma nova abordagem se faz necessária.

2.3 PARADIGMA COMPLEXO

Novamente, apelando à etimologia, complexo vem do latim *complexus* que significa “o que é tecido em conjunto”. Complexo é aquilo que não permite, em princípio, a simplificação. Contém diversos elementos, ou partes, relacionadas de uma certa maneira, que nem sempre é

clara ou evidente, onde, de forma geral, o todo não pode ser reduzido à soma de suas partes. Além disso, as partes não são simples, elas têm uma complexidade própria. O paradigma complexo considera a realidade como sendo essencialmente integrada, irreduzível e onde as próprias partes têm aspectos de complexidade (totalidade).

Mais uma vez, é possível remontar à antiga filosofia grega os fundamentos desta visão. Heráclito (540–470 a.C.) propunha a unidade subjacente à aparente multiplicidade e do fluxo de mudanças constantes dos fenômenos (SOUZA, 1999).

No entanto, este tipo de pensamento já estava presente no Extremo Oriente tendo surgido, pelo menos, 1000 anos antes do nascimento de Heráclito. O Hinduísmo através dos Vedas e o antigo pensamento chinês com o I Ching (Livro das Mutações), apresentavam idéias da unidade essencial e das incessantes transformações dos fenômenos.

A cultura védica tem um caráter bastante místico e é rica em representações da unidade essencial e dos ciclos cósmicos da realidade. Brahman é a realidade última subjacente a todos os fenômenos. O ciclo cósmico é impulsionado por Shiva, deus da criação e da destruição, e mantido por Vishnu, o preservador do Universo (CAPRA, 1999b).

Já o pensamento chinês é mais pragmático, mas com uma cosmo-visão semelhante. O desenvolvimento da cultura chinesa está ligado à agricultura (e não à caça), desde as épocas mais remotas. Assim, a alimentação estava ligada ao cultivo, o que impunha a integração do homem com o meio ambiente. Disso decorreu uma observação intensa da natureza e seus ciclos.

Na China, no século V a.C., o antigo pensamento filosófico é condensado no Taoísmo com Lao Tsé (ou Lao Tzu) através de seus escritos do Tao Te King (ou Tao Te Ching). Os desenvolvimentos na filosofia se dão em paralelo com a medicina, hábitos de vida e crenças, mostrando mais uma vez o caráter integrador das culturas do Extremo Oriente. Pensamento e prática inseparáveis.

Voltando à Índia, um personagem crucial no pensamento oriental é Sidharta Gautama (563-483 a.C.), o Buda, contemporâneo de Lao Tsé e Heráclito. Ele professava, como parte central de sua doutrina, a interdependência de todos os fenômenos e, que estes, não tinham uma existência inerente ou independente. Seu próprio caminho espiritual para a Iluminação era integrado e interdependente. Era o Caminho Óctuplo, composto por 8 itens que deviam ser desenvolvidos de forma simultânea.

Modernamente, no ocidente, a oposição ao reducionismo-mecanicismo veio no final do século XVIII e século XIX, através dos artistas e filósofos do movimento Romântico (CAPRA, 2003). No entanto, não eram questionamentos com bases científicas.

Com o advento da crise da Física Clássica e diversos outros descobrimentos (como a expansão do Universo por Hubble e outras na Astronomia) e estudos (como a Ecologia) as antigas crenças foram reavaliadas, resultando no desenvolvimento de um novo paradigma científico. Sendo trabalhos de destaque a Teoria Geral dos Sistemas de von Bertalanffy, a Cibernética de Wiener e von Neumann e a Teoria de Estruturas Dissipativas de Ilya Prigogine (CAPRA, 2003). Mais recentemente, Edgar Morin compila os diversos avanços científicos do século XX em uma visão integrada e crítica.

Os estudos foram baseados na Biologia, nos comportamentos auto-reguladores e organizacionais presentes na natureza. Sendo constatados também nos sistemas físicos e químicos (CAPRA, 2003; MORIN, 2001, 2003). A Ecologia, como ramo da Biologia, surge nessa época (primeiras décadas do século XX), contribuindo para o desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Justamente, um conceito-chave da complexidade é o de sistema (um todo ou complexo), que seriam partes inter-relacionadas de forma organizada. Os conhecimentos das ligações e da organização são determinantes para o entendimento do sistema como um todo.

3 COMPLEXIDADE

Complexidade é uma propriedade. Tudo que é complexo é, em princípio, irreduzível. Ela admite o simples, mas não o simplório. Ela tem aspectos de antagonismo, complementaridade e incerteza (MORIN, 2001, 2003).

Agora serão introduzidos os principais conceitos e propriedades de sistemas e noções para um pensar mais complexo. Mais adiante serão usados para a avaliação energética.

Muitos dos conceitos apresentados, a seguir, são comumente usados em Engenharia, em especial a Elétrica, pois fazem parte da engenharia de sistemas (BERTALANFFY, 1973).

A teoria de Sistemas estuda as propriedades básicas dos sistemas. Estes podem ser de diversas naturezas (sociológica, biológica, econômica, etc) (BERTALANFFY, 1973; ORSINI, 2000).

Apesar do alcance da teoria de sistemas, no seu ensino e aplicação, ela segue a linha geral de especialização disciplinar e a ênfase em sistemas lineares. Isso ocorre, em boa parte, por questões práticas, mas também se faz por questões paradigmáticas.

Para alterar a perspectiva, estes conceitos ajudam a pensar em termos de complexidade, auxiliando na observação dos fenômenos de forma menos simplista. Estes princípios são essencialmente qualitativos.

3.1 SISTEMAS

A palavra **sistema** provém do grego *synhistanai* que quer dizer "colocar junto". Hoje, ela é muito popular e extensamente usada, em especial, em Engenharia.

Em uma primeira abordagem, se trataria de um conjunto de elementos inter-relacionados, ou complexos de elementos, onde é possível fazer 3 tipos de distinções (BERTALANFFY, 1973):

1) Quanto ao seu número;

a) ○ ○ ○

b) ○ ○ ○ ○

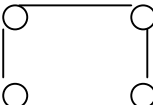
2) Quanto à sua espécie;

a) ○ ○ ○

b) ○ ○ ●

3) Quanto à relação dos elementos.

a) ○—○—○—○

b) 

Em 1 e 2, o complexo pode ser entendido como a soma de seus elementos considerados independentes. Dessa forma, as características são chamadas de somativas.

Já em 3, saber apenas o número é insuficiente para caracterizar o sistema. Suas relações também devem ser conhecidas. Esta característica é chamada de constitutiva.

Assim, as características somativas são aquelas que não mudam estando o elemento dentro ou fora do complexo. Logo, o todo pode ser conhecido somando-se as características e comportamento de partes isoladas. Um exemplo é o peso. O peso de um conjunto é a soma dos pesos das partes. Sendo mais concreto, o peso molecular é a soma dos pesos atômicos de seus átomos constituintes.

Já as características constitutivas não permitem o estudo do todo através apenas das partes. É necessário, também, o conhecimento das relações específicas no interior do complexo para sua caracterização (BERTALANFFY, 1973). Um exemplo é a isomeria, que será tratada com mais detalhes adiante.

Os sistemas têm 3 aspectos principais (MORIN, 2003):

- a) Totalidade
- b) Inter-relações
- c) Organização

a) Totalidade é uma propriedade exclusiva do sistema como um todo. O todo pode ser mais, menos ou igual à soma das partes.

- O todo (sistema) é mais que a soma das partes (BERTALANFFY, 1973; MORIN, 2001, 2003; CAPRA, 2003). Ou seja, é um comportamento novo do sistema, que não pode ser explicado apenas pelas propriedades das partes isoladas. Esse fenômeno é chamado de comportamento emergente (CAPRA, 2003; MORIN, 2003).

Exemplificando, a molécula de água (H_2O), tem propriedades (seu caráter líquido a temperatura ambiente, por exemplo) que não podem ser derivadas das propriedades de seus

átomos formadores separados. Suas propriedades só se manifestam nas moléculas (MORIN, 2003).

- O todo é menos que a soma das partes quando há algum tipo de inibição entre as partes. Isso ocorre, por exemplo, numa competição, onde os concorrentes impõem-se mutuamente limitações.

- Finalmente, o todo é igual a soma das partes em casos como o peso e a energia térmica (que seria a soma das energias cinéticas das moléculas ou átomos).

b) Inter-relações são as relações entre partes do sistema.

c) Organização é a forma como estão dispostas as partes dentro do todo. Esta pode ser a organização de uma estrutura ou de processos relacionados. Um exemplo do primeiro caso pode ser a estrutura de uma molécula como uma rede de átomos e um do segundo poderia ser a produção de gases relacionada com o efeito estufa, com a poluição e outros desdobramentos.

Nos sistemas as relações são organizadas. Esta organização, na forma mais geral, é a rede (CAPRA, 2003), como mostra a Figura 2, onde cada parte relaciona-se simultaneamente com diversas outras tendo um certo comportamento dinâmico.

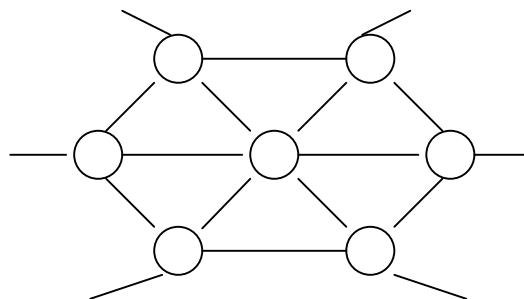


Figura 2: Organização dos sistemas em rede

A organização em rede dá uma clara visão do relacionamento que existe entre as partes.

Um exemplo da relevância da organização é o caso dos isômeros.

Isômeros são compostos químicos com mesma fórmula molecular, mas com diferentes fórmulas estruturais. A palavra isômero é formada pelos radicais gregos *iso*, que significa igual, e *mero*, que quer dizer parte. Os isômeros são compostos diferentes constituídos pelos mesmos átomos. Por exemplo, a fórmula molecular C_3H_6O pode representar a acetona ou o propanal, uma cetona e um aldeído, respectivamente, que têm propriedades químicas distintas, apesar de formadas pelas mesmas partes. A diferença entre ambas é a organização de seus átomos.

Dentro da rede, as partes se relacionam de forma particular, no entanto em sistemas alguns comportamentos podem ser observados com frequência.

As três causalidades a seguir são encontradas em todos os níveis de organização complexas (MORIN, 2001):

1. Causalidade linear: causalidade normalmente usada em ciência. É dita linear, pois para uma determinada causa há um determinado efeito numa função do tipo $f(x)=Ax$ e que permite a soma das partes ou superposição.

2. Causalidade circular retroativa: mais conhecida, entre os engenheiros, como laços de realimentação (feed-back loops). Um dos fenômenos mais notáveis nos sistemas são justamente os laços de realimentação. Isso se deve à sua organização em rede.

As realimentações podem ser de dois tipos: positiva e negativa.

A realimentação positiva é conhecida também como auto-reforço, pois os efeitos depois de um ciclo de realimentação são reforçados.

A realimentação negativa, também conhecida como auto-reguladora tende a um ponto de equilíbrio ao longo dos ciclos. Ela é muito comum na natureza, aliás uma das características mais marcantes da vida.

3. Causalidade recursiva: também conhecida como auto-geração, onde o efeito é a causa da próxima geração. Por exemplo, a sociedade produz os indivíduos que por sua vez produzem a sociedade.

3.2 SISTEMAS E SUBSISTEMAS

O todo é um complexo formado de partes que são complexas por sua vez. Isso significa que os sistemas são formados por diversos subsistemas. Os subsistemas são partes de um sistema (todo) que se relacionam mutuamente.

Por exemplo, os átomos são subsistemas das moléculas, que por sua vez são subsistemas das macromoléculas (MORIN, 2003). Um exemplo mais concreto seria a das sociedades humanas que constituem um subsistema da biosfera. As estruturas econômicas são subsistemas das sociedades humanas (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993). A biosfera é um complexo em si, assim como a sociedade e a economia.

Assim o sistema biosfera, o subsistema sociedade e o sub-subsistema economia. A Figura 3 mostra isto esquematicamente:

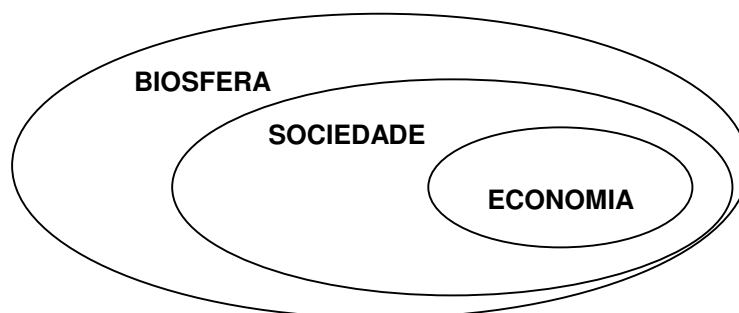


Figura 3: Esferas e subsistemas.

3.3 SISTEMAS ABERTOS

Ao contrário dos sistemas fechados, que são considerados isolados de seu ambiente, os sistemas abertos são aqueles em que há fluxos de energia e matéria através de sua estrutura vindos do ambiente externo. Graças a esses fluxos a organização permanece estável ao longo do tempo (BERTALANFFY, 1973).

Um organismo qualquer é um sistema aberto. Sua estrutura permanece organizacionalmente estável devido aos fluxos de energia e matéria contidos nos alimentos e nutrientes.

3.4 ESTRUTURAS DISSIPATIVAS

As estruturas dissipativas são sistemas abertos auto-organizadores. Em outras palavras, graças aos fluxos de energia e matéria o sistema não só se mantém organizado, mas ele “gera” sua própria organização (CAPRA, 2003).

Neste ponto, um exemplo é importante. Prigogine estudou diversos sistemas físicos e químicos. Um deles, um sistema físico muito simples, composto por um recipiente com uma fina camada de líquido aquecida uniformemente por baixo.

Ao se alcançar um certo gradiente entre as superfícies inferior e superior, este arranjo apresentará um fenômeno notável chamado "instabilidade de Bénard". O líquido, que antes de alcançar a diferença de temperatura limite estava em movimento desordenado, começa a formar células hexagonais ordenadas e estáveis, chamadas de "células de Bénard". O líquido quente sobe pelos centros das células e o frio desce pelas paredes das mesmas.

As figuras a seguir mostram o fenômeno:



Figura 4: Vista geral do recipiente e das células da "instabilidade de Bénard" (Fonte: www.physiology.rwth-aachen.de/user/jaeger/diplom/)

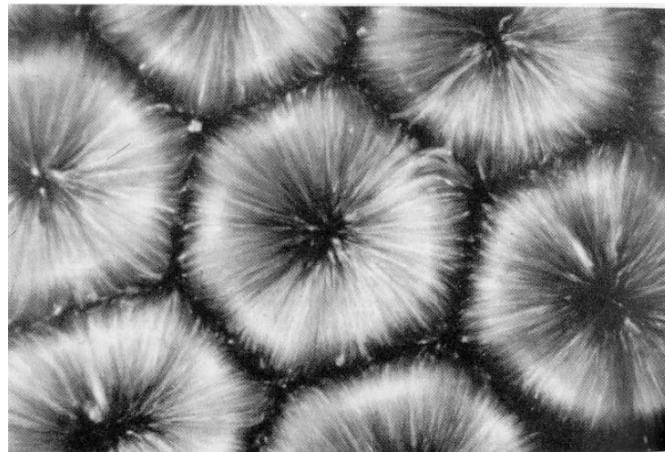


Figura. 5: Detalhe das "células de Bénard" (Fonte: wuche.wustl.edu/~suresh/ChE515/benard-marangoni.htm)

Então, pelo aquecimento permanente (fluxo de energia) da camada de líquido, o sistema, por si mesmo, cria formas ordenadas que se mantêm enquanto o fluxo de calor permanecer.

Outro aspecto relevante das estruturas dissipativas é sua evolução. Conforme os fluxos de energia e matéria aumentam no sistema, podem surgir novas formas de ordem mais complexas. As novas formas são basicamente imprevisíveis, no entanto, previsões são possíveis até um certo grau.

Quando os fluxos de energia e matéria aumentam o sistema pode chegar em um estágio chamado “ponto de bifurcação” onde ele se encaminhará por um caminho ou outro buscando um novo ponto de estabilidade organizacional. O histórico do sistema joga papel determinante na “escolha” do caminho a ser seguido (CAPRA, 2003).

Para nosso estudo, as estruturas dissipativas têm dois aspectos que merecem destaque: a organização e a evolução.

Para organizar-se ou auto-organizar-se o sistema consome energia. Para evoluir ou complexificar-se estruturalmente se gasta ainda mais energia.

Prigogine escolheu o nome estruturas dissipativas para ressaltar algo que é aparentemente paradoxal, pois a dissipação de energia na transferência de calor, no atrito e outros sempre esteve vinculada com desperdício. Agora a dissipação de energia não representa mais desperdício, e sim, criação de ordem, manutenção da organização e evolução de um sistema.

Além disso, a evolução das estruturas dissipativas dá uma nova importância para o estudo histórico. Qualquer pretensão de realizar boas previsões e ter uma idéia do futuro torna indispensável o estudo de História.

3.5 PROPRIEDADES DOS SISTEMAS

Existem propriedades que são comuns aos sistemas independentemente de sua natureza (físico, químico, biológico, etc.). Assim será possível inferir o comportamento dos sistemas envolvidos nas análises energéticas, seja como sistema, seja como subsistema.

Muitos desses comportamentos fazem parte de nosso cotidiano social, onde são facilmente observadas estas propriedades.

É possível imaginar um sistema composto pelas partes Q_i e cujas relações podem ser expressas matematicamente por equações diferenciais simultâneas, como a seguir:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dQ_1}{dt} = f_1(Q_1, \dots, Q_s, \dots, Q_n) \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dQ_s}{dt} = f_s(Q_1, \dots, Q_s, \dots, Q_n) \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dQ_n}{dt} = f_n(Q_1, \dots, Q_s, \dots, Q_n) \end{array} \right\} \quad (4)$$

Fazendo uma expansão em séries de Taylor das Eqs. (4) segue:

$$\frac{dQ_1}{dt} = a_{11}Q_1 + \dots + a_{1s}Q_s + \dots + a_{1n}Q_n + a_{111}Q_1^2 + \dots \quad (5)$$

A Eq. (5) indica que qualquer variação em Q_1 depende de todos os elementos e, reciprocamente, as variações em Q_1 alteram todos os demais elementos. Um sistema como este se comporta como um “todo”. A Eq. (5) mostra o sistema mais genérico (BERTALANFFY, 1973).

3.5.1 Independência e soma

Existem sistemas onde cada elemento é independente dos demais. Isto é chamado de comportamento de somatividade física. Nessas condições é possível a soma das partes.

Matematicamente, quando os a_j ($j \neq i$) da Eq. (6) são iguais a zero, a equação passa a ter a seguinte forma:

$$\frac{dQ_i}{dt} = a_{i1}Q_i + a_{i11}Q_i^2 + \dots \quad (6)$$

A variação de cada elemento depende apenas dele mesmo. Aqui se nota que a abordagem reducionista, onde é possível somar as partes e obter o todo (quantitativa e qualitativamente), é apenas um caso particular de sistema (BERTALANFFY, 1973).

3.5.2 Especialização e mecanização progressiva

Esta é uma propriedade importantíssima, os sistemas de uma forma geral tendem para a especialização ou mecanização (segregação) progressivas. Ou seja, com $t \rightarrow \infty$ tende-se a um comportamento independente das partes.

Há uma tendência das partes se diferenciarem, especializando e tornando-se fixas com relação a alguma ação.

A especialização, porém, implica em uma perda na regulabilidade do sistema como um todo. Além disso, quanto mais as partes especializam-se tanto mais se tornam indispensáveis. Podendo chegar ao ponto em que a ausência de alguma das partes destrua completamente o sistema (BERTALANFFY, 1973).

3.5.3 Centralização progressiva

Muitas vezes associada à segregação progressiva, a centralização progressiva se refere à predominância de um dos elementos do sistema.

Observando as Eqs. (4), se os elementos p_s (que são os a_{is} e Q_s) forem muito maiores que os demais, pode-se dizer que p_s é uma parte dirigente ou que o sistema centraliza-se ao redor de p_s (BERTALANFFY, 1973).

3.6 OS 3 PRINCÍPIOS

Há 3 princípios que ajudam a pensar em termos de complexidade (MORIN, 2001). São eles:

1) Princípio dialógico: O princípio dialógico é o de coexistência do antagonismo e da complementaridade. Ao se falar em sistemas, as partes colocam, cada qual, certas imposições (antagonismos), mas este individualismo tem sua função, sendo necessário e completando os requisitos para a existência do todo (complementaridade).

Aspectos antagônicos (todo-partes) e integradores (partes-todo) são ambos necessários para a formação da totalidade. Por exemplo, na sociedade as necessidades e interesses individuais são necessários para dar algumas das regras para a vida comunitária.

2) Princípio da recursão organizacional: É basicamente o mesmo que a causalidade recursiva. A palavra organizacional se refere mais explicitamente a um complexo que é produzido e por sua vez poderá gerar. É o caso da reprodução dos seres vivos. Este é um princípio de sustentabilidade.

3) Princípio hologramático: O princípio hologramático é muito importante. Ele diz que “a parte está no todo e o todo está na parte” a primeira parte é trivial, mas a segunda afirma que de certa forma a totalidade do sistema se encontra em cada uma das partes. A idéia é indicar que os sistemas complexos são constituídos de partes complexas que tem informações a respeito do todo em seu interior.

A economia traz informações a respeito da sociedade que a forma. A sociedade traz em seu interior os condicionantes biológicos presentes na biosfera.

Estes princípios estão também retratados no Tai Chi Tu, que é o famoso símbolo do ying-yang. Tai Chi Tu significa “Diagrama do Supremo Fundamental” (CAPRA, 1999a).



Figura 6: Tai Chi Tu (Fonte: <http://contosdelea.vilabol.uol.com.br/YinYang1.jpg>)

4 ENERGIA E COMPLEXIDADE

Neste item serão apresentados, de fato, os tópicos específicos da teoria de complexidade e sistemas já aplicados ao contexto energético.

A biosfera, a sociedade, a economia podem ser considerados como sistemas e subsistemas (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993) e serão usados para as aplicações.

Com relação à escolha dos aspectos (biosfera, sociedade e economia), eles são os mais usados nas análises em geral e têm características sistêmicas. O que, no entanto, não deixa de ser uma escolha arbitrária. Há muitos mais aspectos envolvidos. Mas esse fato é secundário, já que não é pretensão deste trabalho apresentar uma solução e muito menos esgotar o assunto. Deseja-se apenas apresentar uma nova perspectiva para a questão energética e sugerir métodos.

4.1 O PRIMEIRO CONCEITO DE ENERGIA

Começando pela etimologia da palavra Energia. Ela deriva do latim *energía* proveniente do grego *enérgeia*, que significa "força em ação", que por sua vez deriva de *energês* que é formado por *en* - 'em, dentro' + *érgon* - 'trabalho, obra, ação'. Ação que provém do interior.

Usando a palavra *Energy*, o físico e médico inglês Thomas Young (1773-1829) deu uma primeira definição em 1807.

Energia é a capacidade que um corpo, uma substância ou um sistema físico têm de realizar trabalho. Esta deve ser uma definição um pouco posterior, da época do surgimento da termodinâmica.



Figura 7: Thomas Young (Fonte: geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/young.htm)

Suas principais propriedades e suas expressões matemáticas são apresentadas a seguir:

Começando com a definição de Trabalho:

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (1)$$

Onde:

F: Força

dl: Deslocamento

Essa definição de trabalho nos fornece a dimensão da unidade energética, que é o produto de uma grandeza de força pela grandeza de comprimento. No SI (Sistema Internacional de Unidades) a dimensão de energia tem como unidade o joule [J].

Agora apresentam-se os aspectos da natureza da Energia:

A primeira Lei da Termodinâmica é a lei da conservação da energia. Em todo sistema fechado a energia se conserva, adotando eventualmente formas diferentes (mecânica, elétrica, química, calor, etc.). Matematicamente:

$$dU = \partial Q - \partial W \quad (2)$$

Onde:

U: Energia interna

Q: Calor

W: Trabalho

A segunda Lei da Termodinâmica é a lei da degradação energética. Em todo sistema fechado é impossível transformar toda a energia em trabalho e a quantidade desta "energia útil" vai diminuindo ao longo dos processos. Matematicamente:

$$\oint \frac{\partial Q}{T} = dS = S_f - S_i \leq 0 \quad (3)$$

Onde:

Q: Calor

T: Temperatura

S: Entropia

A Eq. (3) indica o aumento da grandeza entropia ao longo dos processos.

A definição Física permite entender diversos fenômenos e propriedades e quantificar em termos de unidades de energia. Estes conceitos são relevantes para avaliações quantitativas de

cunho tecnológico e econômico. Porém, fica evidente que apenas com eles não se pode dizer muito a respeito de como se obtém a energia ou como é usada. Menos ainda, quais os impactos ambientais ou sociais vinculados, por exemplo.

Mais do que isso, como os sistemas usam ou reagem à energia? Qual é o papel da energia de uma perspectiva sistêmica? É o que se verá agora.

4.2 ENERGIA CONTEXTUALIZADA: O MACROCONCEITO

As relações da Energia só podem ser compreendidas quando contextualizadas. As definições não podem fechar um conceito, pois lhe retiram os contextos. Na perspectiva complexa, a definição pelas fronteiras de um conceito, ou definição estanque, é negativamente limitante (MORIN, 2001). Isso se deve aos diversos ambientes, perspectivas e níveis onde as análises são possíveis. Pode-se demonstrá-lo da seguinte forma: toda atividade material (e a própria matéria), que vai do nível subatômico ao nível cósmico, envolve energia. São a mesma entidade Física, no entanto, cada qual necessita de uma perspectiva particular para uma análise conveniente. E mesmo dentro da Física, há uma variedade de abordagens. Por exemplo, as definições anteriores são oriundas da Mecânica e em outras áreas (Elétrica, Química, etc) existem equacionamentos e termos adequados a seus usos.

Então, no caso da Energia, fica claro que a definição Física, como único parâmetro, agrega pouco para o nosso tipo de estudo.

Explicitar a perspectiva é importante, pois isso define quais aspectos são relevantes. Neste trabalho, por exemplo, é adotada uma perspectiva muito específica, o nível planetário onde estão presentes a biosfera e as sociedades humanas, que causam impactos de nível geológico

(VERNADSKY, 1997). Neste nível as fontes, formas de obtenção, tecnologias e os usos são relevantes.

Portanto, o macroconceito é útil para mostrar a essência do conceito Energia sem limitar sua extensão à Física.

Para começar se fará a seguinte distinção: a Energia natural e a Energia artificial.

Na natureza, os sistemas abertos recebem fluxos de energia, cuja fonte primária é o Sol. Os sistemas abertos seriam, a princípio, a própria biosfera e os seres vivos. O fluxo de energia contínuo no sistema aberto biosfera possibilita, direta ou indiretamente, todos os processos naturais. Todos esses processos são sustentáveis, ou seja, formam ciclos que se renovam sem consumir os recursos de forma irreversível, pois eles são devolvidos à natureza podendo ser reutilizados pelas gerações posteriores.

A energia na natureza flui pelo sistema aberto e dissipativo biosfera, representado na Figura 8:

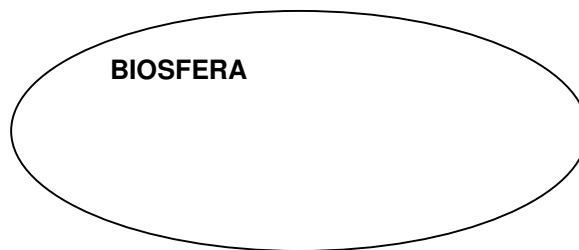


Figura 8: Biosfera como sistema aberto e dissipativo

Na figura 9 vê-se, esquematicamente, a quantidade total de energia proveniente do Sol e seus destinos. Os números são potências cuja unidade é o TW (10^{12} watts).

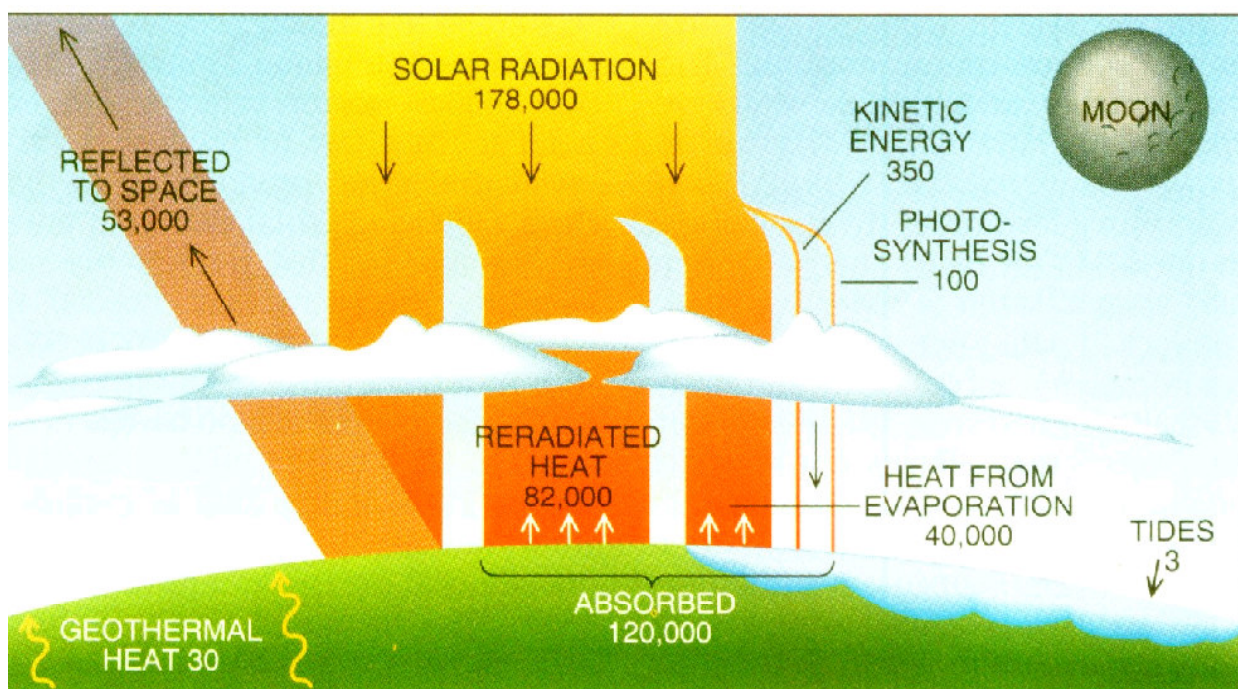


Figura 9: Quantidade e destinos do fluxo de energia do Sol (Fonte: Scientific American set/90)

Os combustíveis fósseis (energia solar armazenada) e os elementos pesados, como o urânio, têm como origem básica o Sol (MORIN, 2003). A diferença entre a incidência direta e as outras formas de energia solar são o tempo de concentração. Então, por um lado, há a exposição direta ou concentrações em períodos relativamente curtos de energia solar e, por outro lado, para a criação de combustíveis fósseis e elementos pesados, há períodos de centenas de milhares a vários milhões de anos, podendo chegar a bilhões de anos, remontando à origem da Terra, ou antes (MORIN, 2003).

A espécie humana tem uma capacidade peculiar em relação aos outros seres vivos: a de manipular a natureza conforme seus interesses. Especialmente, o aproveitamento energético de várias fontes, inclusive, estas de armazenagem tão antiga. Então, em oposição à “Energia natural” existe a “Energia artificial” que é uma apropriação pelo homem dos recursos naturais. Esta energia não observa os ciclos ecológicos e, portanto, não é sustentável.

As atividades da sociedade incluem as atividades econômicas e ambas usufruem da energia do homem. Ambas esferas estão representadas na Figura 10:

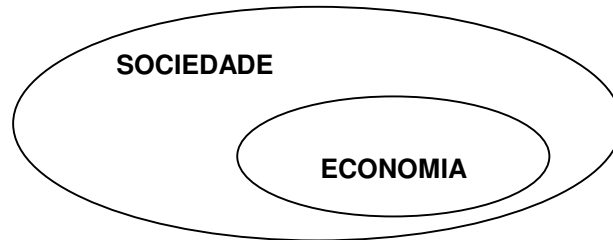


Figura 10: Esferas que recebem energia artificial

Outra distinção seria: a energia exossomática e a energia endossomática (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993).

A energia endossomática é aquela que é estritamente necessária à subsistência dos seres vivos. Já a energia exossomática é aquela usada para outras finalidades. Os excedentes energéticos são um tipo de energia exossomática. São aqueles produzidos artificialmente tendo implicações tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais, e, portanto, são objeto de estudo da Engenharia. É sobre esta Energia que se falará.

Esta Energia nos permitiria abordar com mais propriedade os problemas ambientais, sociais e econômicos.

Para começar nos permite a introdução da perspectiva histórica na dinâmica energética. Assim é possível afirmar que a tecnologia desempenha um papel fundamental na evolução histórica da Energia, já que as fontes são basicamente as mesmas conhecidas há milênios. O que houve foi um avanço tecnológico dos conversores. Então, poderia se dizer que a história da Energia é a história dos conversores e não das fontes. Os conversores podiam ser biológicos (animais e homem) e artificiais (máquinas) (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993). Os conversores biológicos têm rendimento baixo, assim como as máquinas térmicas.

Mais modernamente surgiram máquinas com rendimentos mais altos, em especial as elétricas. Em cadeias energéticas longas, onde há muitos conversores, há perdas maiores.

Uma outra nuance é com relação à Energia Elétrica. Ela é considerada uma energia meio, ou seja, necessita de conversão antes de seu uso final.

A estrutura energética é, entre as forças produtivas, a de maior inércia, a que tem a duração mais longa. As linhas energéticas se adaptam às formações econômicas e sociais e as formas de aproveitamento são menos diversificadas que as formações sócio-econômicas e os modos de produção. A Energia joga um papel decisivo na evolução dos grupos humanos (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993).

Como exemplo, podemos citar as mudanças rápidas e radicais da sociedade no final do século XIX, resultado do aparecimento da energia elétrica e uso intenso de combustíveis fósseis, sobretudo o petróleo.

4.3 BIOSFERA, SOCIEDADE E ECONOMIA: SISTEMAS ABERTOS E DISSIPATIVOS

A biosfera, a sociedade e a economia serão considerados sistemas abertos e dissipativos. A totalidade das atividades terrestres podem ser englobadas segundo essas três esferas: a biosfera, a esfera social e a esfera econômica. A esfera econômica é subsistema da esfera social que, por sua vez, é subsistema da biosfera. A Figura 11 mostra isto esquematicamente:

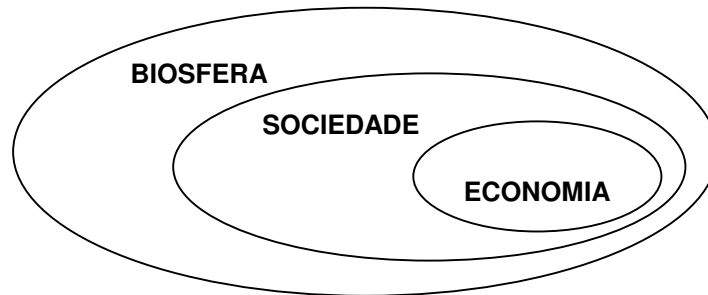


Figura 11: As 3 esferas como sistemas abertos e dissipativos

A esfera econômica, diz respeito à produção, à troca, ao consumo, etc. e tem suas regulagens internas. Por exemplo, em uma sociedade capitalista, o mercado, os preços, a concorrência, etc. Esta esfera tem uma dinâmica particular. A esfera social está relacionada com a sociedade em si, seus indivíduos e suas instituições. Ou seja, a sociedade civil, o Estado, as ideologias, etc. Esta dinâmica também tem suas próprias características, em especial, por ser constituída de seres biológicos dotados de autoconsciência. E, finalmente, a biosfera, que abarca toda matéria viva e inanimada (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993).

A esfera econômica está subordinada à esfera social, já que a economia é apenas uma das atividades da sociedade. E a esfera social, por sua vez, está subordinada à biosfera, já que a sociedade é composta por seres biológicos dependentes das leis naturais. Então, a economia depende da sociedade que depende da biosfera (HÉMERY; DEBEIR; DELÉAGE, 1993).

4.4 ENERGIA E ORGANIZAÇÃO

Como foi visto, os fluxos de energia e matéria são capazes de criar e manter um sistema organizado. Então, na biosfera, na sociedade e na economia isso pode ser verdadeiro.

Citando um exemplo social, quando há blecautes durante horários de atividade a organização das cidades grandes fica seriamente prejudicada.

4.5 ENERGIA E COMPLEXIFICAÇÃO

Na biosfera, o fluxo de energia é praticamente constante. A incidência solar não varia significativamente.

Já na sociedade e na economia isso não ocorre. O fluxo de Energia tem aumentado ao longo da História e isso tem acarretado num claro aumento da complexidade de ambos.

4.6 ENERGIA E AS PROPRIEDADES DE SISTEMAS E COMPLEXIDADE

4.6.1 Energia, especialização e mecanização progressiva

Com o item de especialização e mecanização, pode-se entender porque a abordagem reducionista “cega” a análise energética (e toda a visão deste paradigma).

Ao se dividir e isolar as partes, que é o que faz a especialização, perde-se a regulabilidade do sistema como um todo. Não há comunicação entre as partes, que se comportam como se estivessem sozinhas, sem perceber as necessidades do todo.

Em termos de sistemas elétricos é interessante esta perspectiva. A falta de regulabilidade e a importância que cada parte adquire com a especialização podem dar idéias para seu desenvolvimento.

4.6.2 Energia e princípio dialógico

O princípio dialógico é um princípio de complexidade onde aspectos podem ser antagônicos e complementares simultaneamente.

A biosfera e a sociedade são complexas e devem ser compreendidas desta maneira. A economia tem complexidade, mas como criação humana possui limitações que prejudicam as esferas verdadeiramente complexas. A economia deve complexificar-se, em termos de estrutura e, mais ainda, em termos de objetivos.

4.6.3 Energia e princípio de recursão organizacional

A biosfera, a sociedade e a economia seguem o princípio de recursão organizacional. Os dois primeiros como sistemas biológicos se reproduzem e sustentam a vida. A economia tem mecanismos que lhe dão aspectos cíclicos, como as regras de consumo e demanda.

Este princípio pode oferecer uma definição mais rigorosa de sustentabilidade.

4.6.4 Energia e princípio hologramático

Como visto anteriormente, a economia traz informações a respeito da sociedade que a forma. A sociedade traz em seu interior os condicionantes biológicos presentes na biosfera.

Através deste princípio, quando há pouca informação sobre a totalidade, pode-se, observando a parte, ampliar o conhecimento.

5 UMA VISÃO SISTÊMICA E COMPLEXA PARA A DISCIPLINA PEA 2200 - ENERGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Uma mudança de perspectiva verdadeira leva tempo. Mesmo em nível pessoal, amadurecer e mudar a forma de ver o mundo demora. Isso quando ocorre.

A educação forma a maneira de pensar e seus frutos são de longo prazo. Certamente é um dos vetores mais importantes para qualquer mudança profunda.

Não só os conteúdos, mas os métodos educacionais deveriam considerar a complexidade da realidade e do ser humano. Deveria ocorrer em todos os níveis e para todas as idades.

Aqui se fará algumas sugestões para uma disciplina de nível superior. Apenas algumas porque uma empresa dessa magnitude requereria um trabalho mais dedicado e extenso a esse respeito.

A disciplina PEA 2200 - Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade é oferecida aos alunos de graduação, no segundo ano do ciclo básico do curso de Engenharia Elétrica da EPUSP.

Segundo o planejamento da disciplina de 2005, os objetivos são: “Apresentar aos alunos os conceitos fundamentais sobre a Energia e suas relações com o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, abrangendo os aspectos técnicos, sócio-econômicos e político-ambientais”.

Este trabalho, entre outras coisas, discutiu esses tópicos. O que se sugerirá, basicamente, é uma mudança de perspectiva mais que de conteúdos. Além disso, é importante lembrar que vários alunos têm o primeiro contato com vários conceitos básicos nesta disciplina. Portanto é conveniente que se conserve parte dos conteúdos.

Não se discutirá os métodos de ensino ou o tipo de avaliação, se restringirá aos conteúdos das aulas que são dadas.

5.1 AULAS E ABORDAGEM

São dadas 12 aulas (com duração de 100 minutos cada uma) em um semestre. São elas:

Aula 1 – Suprimento de Energia Elétrica

Conceitos básicos, estatísticas, sistema brasileiro e evolução do mercado energético.

Aula 2 - Usos Finais de Energia Elétrica

Usos finais (processo, tecnologias), consumo por setor, demanda x consumo, curva de carga, períodos de chuva (seco x úmido).

Aula 3 - Usos Finais e Conservação de Energia Elétrica

Uso racional de energia.

Aula 4 – Fontes Convencionais

Hidrelétricas.

Aula 5 – Fontes Convencionais

Termoelétricas, gás, nuclear, cogeração.

Aula 6 – Fontes Não-convencionais

Energia solar, eólica.

Aula 7 - Fontes Não-convencionais

Biomassa, oceânica, célula combustível.

Aula 8 – Suprimento de Energia

Tipos de recursos, cadeia energética, sistema energético, matriz energética, evolução do consumo.

Aula 9 – Energia e Desenvolvimento

Desenvolvimento segundo padrões econômicos, IDH.

Aula 10 - Energia e Desenvolvimento

Crítica ao modelo vigente e vista de alternativas.

Aula 11 – Energia e Meio Ambiente

Problemas ambientais.

Aula 12 – Energia e Meio Ambiente

Impactos da energia elétrica.

É um curso cujas aulas são dadas de forma relativamente independente. Não há uma relação de organização, onde as partes têm funções dentro do conjunto.

Há conceitos importantes (como, por exemplo, sistema energético) da perspectiva sistêmica e evolutiva que não são enfatizados.

Portanto, ao curso lhe faltam atributos do paradigma complexo. Por isso, a seguir, mostra-se uma proposta nessa linha de pensamento.

5.2 SUGESTÕES

O seguinte conjunto de aulas tenta capacitar o aluno a contextualizar a Energia, sabendo quais são as conseqüências de seu uso a partir da perspectiva sistêmica (organização e complexificação).

O aluno poderá avaliar os sistemas energéticos como um todo. Desde as fontes até seu uso final, como um sistema nos termos apresentados aqui. É dada uma perspectiva histórica para se saber como eram, como são e como poderão ser os sistemas energéticos.

A partir do momento que as noções mais sistêmicas (contextualizadas) forem introduzidas, se partirá para o estudo das partes. Fontes, tecnologias de conversão, transporte, usos finais.

Depois, se apresentará a problemática ambiental e as formas de mitigação que estão sendo usadas ou pensadas na atualidade. Com as esferas (biosfera, sociedade e economia) e as reflexões feitas é possível elaborar novas avaliações.

Após toda essa exposição se introduzirá a problemática do Desenvolvimento, a limitação da abordagem econômica/quantitativa e a discussão para uma definição mais ampla e profunda do que seja Desenvolvimento.

As aulas ficariam assim:

Aula 1 – Macroconceito de Energia

Nesta aula começará a ser apresentada a Energia contextualizada (como exposto neste trabalho). Se distinguirá a Energia da natureza da energia do homem, que é a apropriação dos recursos naturais, noção que será auxiliada através dos tipos de Energia oriundas do Sol e seu fluxo.

Uma é a Energia sustentável usada nos ciclos naturais, como o ciclo da água, da biomassa, etc. e, a outra, a Energia artificial não-sustentável manipulada e usada pelo homem, que também usa Energia de origem solar, no entanto de forma arbitrária, além da Energia solar muito antiga, armazenada por vários milhares ou até bilhões de anos (combustíveis fósseis e materiais radioativos, respectivamente).

Aula 2 – Macroconceito de Energia

Continuação da Energia contextualizada. Apresentação dos sistemas e subsistemas envolvidos: biosfera, sociedade e economia. Energia no contexto sistêmico: organiza e complexifica. Exemplos: blecaute e complexificação da sociedade com o aumento da oferta energética. Comparar a evolução do consumo com o crescimento da complexidade na sociedade e na economia.

Introdução à História da Energia e a evolução dos conversores e não das fontes. Ferramentas de previsão: estruturas dissipativas e propriedades dos sistemas.

Aula 3 – Sistemas energéticos

O conceito de sistema energético será importante, pois ele integrará os conceitos dados de forma dispersa.

Introdução do conceito de sistema energético e outros conceitos básicos.

Apresentação de alguns conceitos de sistemas adequados a esta aplicação: partes inter-relacionadas, totalidade, organização, etc. Serão mostrados como se compõe o sistema, quais são as partes e as características de cada uma. Quais são as relações entre as partes.

Apresentação do conceito de linha energética ou cadeia energética, como parte de um sistema energético.

Dentro do contexto desta aula, apresentar a noção de matriz energética. Serão apresentadas a matriz brasileira e a de outros países, para efetuar comparações e expor vantagens e desvantagens de cada uma.

Aula 4 – Sistemas energéticos

Será mostrada uma perspectiva histórica dos sistemas energéticos. Os que existiram e seus impactos na sociedade e na natureza.

Se ressaltará a inércia dos sistemas energéticos. Tempo de duração de um sistema energético e as razões para essa duração.

Com estas noções, os alunos poderão adquirir capacidade para imaginar cenários futuros.

Aula 5 – Componentes dos sistemas energéticos

Dentro do contexto do sistema energético, temos suas partes ou componentes. Nas aulas 5, 6, 7 e 8 se focará nas partes que têm maior destaque no curso atual de PEA 2200.

Distinção entre os tipos de recursos naturais: aqueles que são energéticos e os demais. Destacar a relação entre recursos energéticos e conversores.

Apresentar os usos finais na atualidade e destacar a dependência das infra-estruturas da sociedade em relação à Energia (transporte, comunicações, alimentação, etc.).

Aula 6 – Componentes dos sistemas energéticos

Fontes convencionais. Apresentação dos tipos convencionais de aproveitamento energético.

Aula 7 - Componentes dos sistemas energéticos

Continuação das fontes convencionais.

Fontes não-convencionais. Apresentação das fontes não convencionais, destacando suas vantagens e desvantagens, suas possibilidades de implementação e as perspectivas.

Aula 8 – Componentes dos sistemas energéticos

Continuação de fontes não-convencionais.

Aula 9 – Energia e Meio Ambiente

Recordar o conceito de sustentabilidade (princípio de recursão organizacional como uma definição de sustentabilidade) e as esferas de sistemas (biosfera, sociedade e economia).

Relações entre biosfera, sociedade e economia, impactos recíprocos e regulagens de cada esfera. Energia natural e energia artificial. Retomar a idéia de organização e complexificação dos sistemas (sociedade e economia).

Para então apresentar os problemas ambientais atuais, sua gravidade e suas causas imediatas e conjunturais/estruturais (modelos de desenvolvimento, econômicos, etc).

Aula 10 – Energia e Meio Ambiente

Aula dedicada aos impactos da energia elétrica e as iniciativas de conservação de energia elétrica e uso racional de energia como formas importantes de mitigação do impacto ambiental.

Aula 11 – Energia e Desenvolvimento

Nesta aula será proposto aos alunos a discussão sobre o desenvolvimento reducionista e suas limitações. As tendências à quantificação e à simplificação e suas conseqüências (má distribuição de renda, busca de objetivos equivocados, ou seja, apenas o crescimento econômico).

Crítica ao modelo vigente: modelos econômicos e de desenvolvimento inadequados.

Aula 12 - Energia e Desenvolvimento

Na última aula do curso, serão mostradas as conseqüências da evolução do consumo sem generalizar seus benefícios, ou seja, comodidade é diferente de bem-estar. Crescimento econômico não é sinônimo de Desenvolvimento. Mostrar mapa do câncer em países “desenvolvidos”.

Complexificação do conceito de Desenvolvimento. Discussão com os alunos do que seja Desenvolvimento e objetivos de vida construtivos como parte de uma comunidade que busca bem-estar.

Com a apresentação desta abordagem e conteúdos se espera que os alunos sejam capazes de ver o cenário e as estruturas energéticas de forma abrangente, integrada e evolutiva.

Além disso, se espera que os alunos tomem maior consciência do que seja Desenvolvimento (maior ênfase na distinção entre crescimento econômico (quantitativo) e bem-estar (qualitativo)) e de que fazem parte da sociedade (que existe interdependência entre indivíduo e sociedade), tendo um papel importante para melhorá-la.

6 CONCLUSÕES

6.1 OBJETIVOS ALCANÇADOS

Foram vistas a origem e a forma como os paradigmas influenciaram, e influenciam, o pensamento científico e a visão de mundo das pessoas em geral. Como as ideologias, é uma influência, quase sempre, invisível, que atua em um nível epistemológico.

Uma das principais limitações da abordagem reducionista, devido ao seu caráter de especialização (mecanização progressiva), é a incapacidade de reflexão a respeito de seus próprios métodos e práticas. Trouxe avanços em diversas áreas individuais, mas sem regulação, sem orientação. Foi um “desenvolvimento cego” incapaz de avaliar seus empreendimentos e suas conseqüências. As contradições contemporâneas, como a distribuição de renda cada vez mais injusta entre as nações, e em seu interior também, o mal estar e infelicidade no seio da afluência material, são evidências duras do erro da redução daquilo que é complexo.

Não se pode reduzir o Desenvolvimento a parâmetros quantitativos. Não se pode reduzir a Energia aos seus aspectos físicos ou econômicos. São realidades complexas, que como tais, devem ser estudadas e tratadas em seus contextos.

Assim, aproveitando o trabalho realizado por mentes que trataram de estudar a natureza em termos mais sistêmicos, foram apresentados os conceitos e propriedades dos sistemas e da complexidade.

Biosfera, sociedade e economia foram integradas em sistemas e subsistemas em uma relação de sistemas dentro de sistemas ou totalidades dentro de totalidades. Seriam sistemas abertos e dissipativos com propriedades que permitem avaliações de uma perspectiva diferente das tradicionais para a análise energética.

As tecnologias, políticas e questões econômicas podem ser consideradas de um ponto de vista sistêmico, ou seja, inseridos no contexto das esferas apresentadas.

Foi possível adquirir uma noção de qual é o impacto do fornecimento de energia nos sistemas da sociedade e da economia como um todo: a manutenção da organização e a complexificação crescente.

Em termos de previsões (importantes para o planejamento em geral e mais ainda em uma época em que se pensa em novas alternativas de conversores), apesar do reconhecimento de uma imprevisibilidade básica e da existência do aleatório nos acontecimentos (aliás, o imprevisível e acidental fazem parte da própria história da Energia), se indicam novas ferramentas: as propriedades dos sistemas, que apontam certas tendências de evolução e o estudo histórico.

Os sistemas energéticos estão subordinados às dinâmicas sociais. A História pode ser de grande valia, pois lida com ambos. Além disso, mostra a experiência da interação entre os sistemas energéticos, a sociedade e a biosfera.

O repertório apresentado poderá ajudar nas avaliações dos empreendimentos de Energia Elétrica dada sua complexidade típica, especialmente os de grande porte com seus grandes impactos.

Dada a necessidade de mudanças no paradigma, uma das primeiras questões que se levanta é: como mudar?

A Educação, por seu papel formador, tem um papel de grande destaque. Este assunto, a Educação como vetor de mudanças, requer diversos trabalhos dedicados, então, o que se fez foi dar sugestões para a disciplina PEA 2200 - Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade conforme a abordagem deste trabalho sem entrar em méritos da metodologia do ensino. Sugeriram-se conteúdos e a forma de abordá-los.

6.2 REFLEXÕES

A Energia requer um estudo multi-disciplinar e um método para articular os conhecimentos. É necessário avaliar quais são as conseqüências de uma injeção sempre crescente de energia na sociedade.

O conceito de Desenvolvimento deve ser repensado, diminuindo a ênfase em parâmetros quantitativos e econômicos. É uma noção que deve ser complexificada.

Os modelos econômicos e, em especial, o capitalismo, têm hipóteses simplificadoras que remontam a Adam Smith. Esta é, sem dúvida, uma fonte de problemas sociais e ambientais muito grave. O pensamento econômico também deve ser complexificado.

Há necessidade de uma reinterpretação profunda destes assuntos, no entanto, sem o conhecimento mais básico do ser humano, toda complexificação pode tornar-se apenas complicação. Aumentar a compreensão dos pequenos universos, que são cada indivíduo, a sua natureza e suas necessidades, é fundamental para a formulação de qualquer objetivo.

Os valores atuais dos indivíduos e da sociedade prejudicam as relações humanas e a satisfação de estar vivo.

Existem outros modelos de sociedade que não só são possíveis como já existem e funcionam (ver ANEXO B - *Formas de poder*).

O maniqueísmo é um comportamento humano bastante comum. Muitas vezes, pensamos que as coisas são “brancas” ou “pretas”. Nos esquecemos dos meios tons e, até mesmo, das outras cores. Existem coisas simples, mas devemos estar preparados para aquelas que não o são. Estudar as obras sobre complexidade podem proporcionar insights profundos.

É essencial uma reflexão sobre as grandes questões, aquelas que foram esquecidas na corrida para se aumentar os ganhos econômicos em detrimento de uma vida melhor. Sejamos mais sábios, a começar distinguindo riqueza de felicidade.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

A perspectiva complexa tem um grande potencial. É um campo jovem e, provavelmente, crescerá e amadurecerá.

São sugeridos estudos nos seguintes assuntos:

- Composição e evolução dos sistemas energéticos.

Aqui se esperam estudos sobre as partes que compõe o sistema energético e sua evolução histórica.

- História da Energia.

Nestas pesquisas deve-se estudar a evolução histórica da utilização energética e seus impactos nas sociedades humanas e na natureza a nível mundial.

- Necessidades energéticas humanas: relações entre bem-estar e consumo energético.

Estes estudos tratariam de avaliar o que é indispensável para o ser humano. Também se espera determinar aquilo que é necessário e aquilo que é supérfluo para a vida humana. Além disso, se tentará esclarecer se o conforto excessivo torna-se um problema.

- Modelos complexos de Desenvolvimento

Pesquisas nesta linha teriam como finalidade propor modelos de Desenvolvimento que considerem a complexidade humana com suas necessidades e aspirações.

- Modelos complexos econômicos

Aqui os estudos proporem modelos econômicos não-reducionistas e aprofundariam a percepção dos malefícios das hipóteses simplistas da economia clássica.

- Estudos para articulação e integração de disciplinas

Nestes estudos espera-se desenvolver a construção de pontes entre conhecimentos e criar condições para a produção de reflexões e resultados que vão além da soma das disciplinas individuais.

- Desenvolver a abordagem complexa para o estudo da Energia.

Neste tópico espera-se desenvolver estudos para verificar a utilidade da aplicação dos conceitos apresentados neste trabalho e, caso se prove útil, desenvolver esta abordagem.

Também é possível reavaliar conhecimentos consagrados, mas isso será deixado a critério do leitor.

REFERÊNCIAS

BENARD. JPG. 2006. Altura: 399 pixels. Largura: 497 pixels. 300 dpi. 32 BIT CMYK. 41,7 KB. Formato JPG. Disponível em: <<http://www.physiology.rwth-aachen.de/user/jaeger/diplom/>>. Acesso em: 4 fev. 2006.

BM. GIF. 2006. Altura: 200 pixels. Largura: 296 pixels. 300 dpi. 32 BIT CMYK. 41,17 KB. Formato GIF. Disponível em: <<http://wuche.wustl.edu/~suresh/ChE515/benard-marangoni.htm>>. Acesso em: 4 fev. 2006.

BERG, P. G.; NYCANDER, G. Sustainable neighbourhoods: a qualitative model for resource management in communities. **Landscape and Urban Planning**, n. 39, p. 117-135, 1997.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 350 p.

CAMPBELL, J. **O herói de mil faces**. 9. ed. São Paulo: Cultrix / Pensamento, 2004. 414 p.

CAPRA, F. **O Tao da Física**: um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental. 19. ed. São Paulo: Cultrix, 1999a. 274 p.

_____. **O ponto de mutação**: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. 20. ed. São Paulo: Cultrix, 1999b. 447 p.

_____. **A teia da vida**: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 8.ed. São Paulo: Cultrix, 2003. 256 p.

_____. **As conexões ocultas**: Ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Pensamento, 2002. 296 p.

CÉO, A. S.; SLAUGHTER, D. R. N. **Avaliação completa dos recursos energéticos de oferta**. 2002. 81 f. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COLLINS, J. C.; PORRAS, J. I. **Feitas para durar**: Práticas bem-sucedidas de empresas visionárias. 9. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2000. 408 p.

ENERGIA. In: DICIONÁRIO Houaiss de língua portuguesa. Disponível em <<http://houaiss.uol.com.br>>. Acesso em: 20 fev.2006.

GOLDEMBERG, J.; DONDERO, L. V. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2003. 227 p.

HAWTHORNE, M.; ALABASTER, T. Citizen 2000: development of a model of environmental citizenship. **Global Environmental Change**, n. 9, p. 25-43, 1999.

HÉMERY, D.; DEBEIR, J. C.; DELÉAGE, J. P. **Uma história da energia**. Brasília: Edunb, 1993. 447 p.

HUXLEY, A. **A filosofia perene**. São Paulo: Cultrix, 1991. 346 p.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **GLOBOCAN 2002 project**. Disponível em <<http://www-dep.iarc.fr>>. Acesso em: 3 out. 2005.

JUNG, C. G. **Psicologia e Religião Oriental**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 1986. 148 p.

KNOX, N. Monges cervejeiros enviam recado aos EUA: Trapistas belgas dizem a americanos que consumir sua cerveja, que é importada ilegalmente, é contra seus princípios. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 8 out. 2005. Mundo 2, Especial, p. A1.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005. 260 p.

LISBOA, A. C. **Introdução ao Caos e a métodos de controle a partir do paradigma dinâmico circuito de Chua**. 2004. 134 f. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MAGALHÃES, G. **Introdução à metodologia da pesquisa: Caminhos da ciência e tecnologia**. São Paulo: Ática, 2005. 263 p.

MASETTO, M. (Org.). **Docência na Universidade**. 2.ed. Campinas: Papirus Editora, 2000. 112 p.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 3. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. 177 p.

_____. **O método 1: A natureza da natureza.** 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2003. 480 p.

_____. **O método 2: A vida da vida.** 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2002. 528 p.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 9. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2004. 118 p.

NEWMAN, P. W. G. Sustainability and cities: extending the metabolism model. **Landscape and Urban Planning**, n. 44, p. 219-226, 1999.

ORSINI, L. Q. Generalidades. In: _____. **Sistema e Sinais.** São Paulo: EPUSP, 2000. cap. 1, p. 1-29.

ORSINI, L. Q. Descrição de Estados, Linearidade e Invariância. In: _____. **Sistema e Sinais.** São Paulo: EPUSP, 2001. cap.3, p. 1-25.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: Tempo, caos e as leis da natureza.** São Paulo: Editora UNESP, 1996. 200 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectivas do meio ambiente mundial 2002 - GEO3: Passado, presente e futuro.** Disponível em <<http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-port/geo3-port.htm>>. Acesso em: 3 out. 2005.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. **Síntesis GEO3.** Disponível em <<http://www.unep.org/GEO/geo3/index.htm>>. Acesso em: 3 out. 2005.

REDUCCIONISMO. In: GRANDE enciclopédia Larousse cultural. São Paulo: Nova Cultural, 1998. p. 4952.

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. (Org.). **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2001. 288 p.

RESNICK, R.; HALLIDAY D. **Física 2.** 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. 323 p.

SCIENTIFIC AMERICAN. New York: Scientific American Publishing, 1845-. Mensal. ISSN 0036-8733.

SERWAY, R. **Física 3 para Cientistas e Engenheiros com Física Moderna**. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996. 451 p.

SOUZA, J. C. (Coord.). **Os pensadores - Pré-socráticos**. São Paulo: Nova Cultural, 1999. 320 p.

TENZIN, G. **Uma ética para o novo milênio**. Rio de Janeiro: Sextante, 2000. 256 p.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**: A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1994. 257 p.

TIJMES, P.; LUIJF, R. The sustainability of our common future: an inquiry into the foundations of an ideology. **Tecnology in society**, v. 17, n. 3, p. 327-336, 1995.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **The sustainable difference**: Energy and environment to achieve the MDGs. Disponível em <<http://www.undp.org/energyandenvironment/sustainabledifference>>. Acesso em: 4 out. 2005.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **GEO Yearbook 2004/5**: An overview of our changing environment. Disponível em <<http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2004>>. Acesso em: 4 out. 2005.

VERNADSKY, V. I. **Scientific thought as a planetary phenomenon**. Moscou: Ecological Vladimir Ivanovich Vernadsky Foundation, 1997.

WIKIPÉDIA. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki>; <http://pt.wikipedia.org/wiki>; <http://es.wikipedia.org/wiki>>. Acesso em: 5 nov. 2005.

YINYANG1. JPG. 2006. Altura: 68 pixels. Largura: 68 pixels. 300 dpi. 32 BIT CMYK. 1,53 KB. Formato JPG. Disponível em: <<http://contosdelea.vilabol.uol.com.br/>>. Acesso em: 28 jan. 2006.

YOUNG13. JPG. 2006. Altura: 313 pixels. Largura: 235 pixels. 300 dpi. 32 BIT CMYK. 13,79 KB. Formato JPG. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/young.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2006.

ANEXOS

ANEXO A - Desenvolvimento e as influências ideológicas

Monografia final, revisada, da disciplina FLH 5033 “Ciência e Ideologia: Dimensões Sociais e Políticas das Idéias de Conhecimento e Progresso”, cursada no Departamento de História da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da USP (FFLCH-USP), que versa sobre tema correlato à presente dissertação. O trabalho discute os aspectos ideológicos do Desenvolvimento sustentável e suas limitações.

Preliminares

As visões do que seja Desenvolvimento e Progresso, como vimos durante o curso “Ciência e Ideologia: Dimensões Sociais e Políticas das Idéias de Conhecimento e Progresso”, são essencialmente ideológicas. Elas mudam ao longo da História e dos diferentes contextos. Porém, sempre carregadas de interesses de alguns grupos em detrimento do bem geral. Minha dissertação trata, em boa parte, desta problemática diretamente, questionando os modelos de Desenvolvimento (dentre eles o de Desenvolvimento Sustentável), aprofundando a discussão para a busca de melhores alternativas tendo em vista a situação atual.

O modelo de Desenvolvimento Sustentável com seu conteúdo ideológico foi abordado no curso. Assim sendo, faremos apenas uma pequena recapitulação e nos concentraremos nas discussões em torno da ideologia e suas implicações. Será feita também uma pequena discussão em torno da palavra “Desenvolvimento” (deste ponto em diante, diferenciarei desenvolvimento de Desenvolvimento, o primeiro com a acepção corrente e o segundo como a minha definição) e dada uma definição orientadora. Além disso, esboçar uma ideologia e descrever uma estrutura conceitual, ou paradigma intelectual (a complexidade), que farão parte da dissertação, para fundamentar o modelo ou proposta de objetivos que será feito. O processo para alcançar os objetivos do Desenvolvimento, também será mencionado.

As ideologias por trás do Desenvolvimento Sustentável

O modelo de Desenvolvimento Sustentável foi uma evolução do modelo de Crescimento Nulo do Clube de Roma. É considerado um modelo malthusiano. A ideologia malthusiana, com algumas mudanças ao longo do tempo, tem como meta favorecer oligarquias imperialistas.

As novas roupagens para o malthusianismo do novo milênio tiveram influências do multiculturalismo e do movimento ecológico. Elas são ideologias implícitas (como a maioria) que tem tido grande influência no final do século XX e começo do XXI.

O multiculturalismo critica o modo de vida ocidental, nas suas mais diversas facetas. Como destaque, podemos citar: a racionalidade exacerbada, as instituições políticas totalizantes, a economia capitalista e a cultura de massa com suas conseqüências como o racismo, o imperialismo, o fascismo, etc.

Já o movimento ecológico, muito popular hoje em dia, prega a proteção do meio ambiente, muitas vezes, de forma até radical. Com organizações como o Greenpeace e a WWF envolvidas com pessoas representantes do malthusianismo.

Dessa maneira, o modelo de Desenvolvimento Sustentável se delineou e se estabeleceu.

Apesar dos interesses envolvidos, elas ressaltaram aspectos, que antes não eram considerados (ou pouco considerados) e por esse lado há um avanço. Mais do que isso despertaram em muitas pessoas sentimentos de consciência social, anti-armamentista, democráticos, ambientalista (sadio) e tantos outros efeitos positivos. Talvez o tiro tenha saído pela culatra.

Desenvolvimento Sustentável: avanço ou retrocesso?

“*Qui prodest?*” (A quem serve?) Certamente, se esta ideologia foi criada com o intuito de favorecer um certo grupo, a avaliação dos seus efeitos é muito complicada. Mais ainda, quando tantas idéias, às vezes até contraditórias, são reunidas para uma finalidade específica. Desta forma, os objetivos podem não ser alcançados. E no final das contas, quem realmente se beneficia com esta ideologia?

Parece que a consciência para com o planeta como um todo, para a vida, dos princípios sociais e uma visão mais ampla dos fenômenos têm aumentado em todo o mundo. Os resultados deixam muito a desejar, mas existe uma mudança geral de mentalidade. Sem dúvida, algo positivo. Será que essa não é a função da ideologia?

Com relação ao crescimento, os países em desenvolvimento devem almejar níveis de vida dos países desenvolvidos, com saúde, educação, liberdade e uma prosperidade material suficiente para levar uma vida digna para todos.

Porém, sem querer parecer malthusiano, devemos levar em consideração a Terra como mantenedora da vida sendo alterada de forma relativamente intensa pela ação humana. Efeito estufa, poluição, chuvas ácidas, desmatamentos, são alguns dos impactos que, como parte quase que inerente do crescimento, têm nos afligido. Até onde se pode crescer sem afetar a capacidade da Terra de sustentar a vida? Os processos naturais são cíclicos e por isso perduram. Essa é uma limitação da natureza e não uma questão ideológica. O crescimento contínuo nos moldes atuais (com grandes emissões, sobretudo, de gases de efeito estufa, material tóxico, etc) é inviável. Algumas revisões devem ser feitas. Neste ponto é conveniente chamar a atenção, para algo que será elaborado mais adiante, da diferença entre crescimento e Desenvolvimento.

Então, por um lado, se quer limitar o crescimento dos países em desenvolvimento negando financiamentos em obras de infra-estrutura e tecnologias, mas, por outro, criou uma mentalidade sadia em diversos aspectos, uma condição interior, que pode dar ensejo a um futuro promissor.

Essas questões serão aprofundadas ao longo desta monografia.

Problemas modernos: isso é Desenvolvimento?

Em um noticiário da televisão escutei a seguinte frase: “As cidades mais desenvolvidas do Brasil apresentam os maiores índices de mortes por câncer”. Será que a palavra “desenvolvidas” está sendo usada adequadamente?

Fala-se em crescimento econômico, ciência, tecnologia, meio ambiente, etc, etc. Tudo muito disperso e desconexo. O que realmente esses aspectos significam? Qual o papel de cada um no bem-estar humano?

Apenas respondendo essas questões básicas de forma integrada, como um todo coerente, poderemos traçar estratégias e políticas adequadas. Se isso não ocorrer, se estará perdendo completamente o foco, procurando soluções de problemas não relevantes.

As pessoas nas grandes cidades desconfiam umas das outras, não se cumprimentam, não se encaram. Foi realizada uma pesquisa, recentemente, entre os estadunidenses sobre seus maiores medos. Em primeiro lugar ficou o medo da morte e em segundo lugar, o medo de falar em público.

Esses fatos e a confusão entre crescimento e Desenvolvimento são coisas do nosso cotidiano. Além disso, o stress, a competição, a violência, os problemas psicológicos, são cada vez mais comuns e mais graves. Estes problemas afetam, sobretudo, os países ditos desenvolvidos.

O depoimento de Jonathan Tennenbaum em seu livro “*Energia Nuclear – Uma tecnologia feminina*” sobre sua visita a Bangladesh é muito representativo. Tomando alguns trechos: “Vida animada, crianças rindo correm em volta,... Todo mundo parece ter algo a fazer, aqui as pessoas gostam de trabalhar juntas, impera um clima tranqüilo e otimista”. Apesar da pobreza e das condições precárias de vida as pessoas eram felizes e alegres. Isso ele não viu quando voltou para a Alemanha.

Nas pequenas comunidades e cidades ou em lugares simples, como Bangladesh, as pessoas são mais humanas.

Não é uma proposta para se voltar no tempo e perder uma série de conquistas (as pessoas anseiam uma vida melhor em Bangladesh), mas sim algo para nos chamar a atenção e nos fazer refletir sobre o que é Desenvolvimento.

Digamos que existam essas duas vertentes básicas, que vislumbram futuros diferentes. Uma propõe o crescimento econômico, ou de bens essencialmente materiais, como forma de progresso. Pelo outro extremo, temos uma situação de retomada da vida bucólica, do bom selvagem.

Parece que nenhum dos extremos, por si só, traria bem-estar. Há aspectos positivos em ambos, e negativos também. A questão não é eleger qual o melhor, mas escolher os melhores aspectos de cada um.

O aspecto negativo da pobreza é bem evidente. E a solução da pobreza, de certa forma, também o é. E o aspecto negativo da riqueza? Como mencionamos anteriormente, há diversos problemas vinculados ao estilo de vida ocidental moderno, talvez o maior seja esse mal-estar psicológico, a falta de humanidade em nossas relações. A solução para esse problema parece menos evidente. Logo, veremos que a proposta de solução é muito simples.

O que é Desenvolvimento?

Desenvolvimento é um processo. Ele vai de um estado inicial a um final, onde o estado final é *qualitativamente* melhor que o inicial.

O estado final objetivo é a felicidade da sociedade. Digamos que este seja um princípio fundamental. Fazendo uma leitura rápida, Bangladesh seria um país mais desenvolvido que a Alemanha, mas definamos melhor felicidade. Felicidade é essencialmente um estado mental, no entanto, há os aspectos objetivos da saúde física (longevidade, vigor, boa alimentação), da prosperidade social e material essencial e a liberdade.

Portanto, aí as conquistas ocidentais têm um papel importante atendendo as necessidades materiais básicas de todos (na saúde, prosperidade material e comodidades). Estes são objetivos que o crescimento econômico pode trazer. Logo, reafirmando, houve e há grandes avanços em diversos campos, porém devemos reconhecer suas limitações.

É bom sempre tomar cuidado com os maniqueísmos, como em geral acontece, há sempre uma negação completa do que já existe. Os movimentos artísticos (classicismo – barroco, romantismo - realismo, etc), são um exemplo desta tendência humana aos extremos. Há criação de coisas novas, poderíamos dizer uma evolução, mas, concomitantemente, há uma negação. Logo, todo cuidado é pouco.

Dessa forma se reconhece algo tão óbvio, mas tão difícil de ser admitido: o nosso desejo latente de buscar a felicidade e evitar o sofrimento.

Fundamentos de uma Ideologia para o Desenvolvimento

Foi discutido sobre a possibilidade da tecnologia ser uma solução para os problemas do crescimento e da sociedade. No entanto, essa possibilidade depende da iniciativa das pessoas. Por exemplo, foi dito em aula que atualmente existe tecnologia para alimentar toda a população do mundo com folga, mas a fome continua. Então, será que a tecnologia e o crescimento podem resolver os problemas em busca dos objetivos do Desenvolvimento? Sem a iniciativa dos líderes e responsáveis pelas decisões, não. Logo, a questão é menos tecnológica e mais ética. É significativo o seguinte parágrafo do livro “*A Idéia de Decadência na História Ocidental*” de Arthur Herman, “O perigo implícito não está na própria ciência, mas naqueles que a utilizam; como Nemo conta ao narrador em *Vinte mil léguas submarinas*: ‘Não é de novos continentes que o mundo precisa, mas de novos homens!’”.

Deste ponto de vista, o tiro do Desenvolvimento Sustentável saiu pela culatra, devido à mentalidade que está incutindo, as decisões mais éticas acontecerão naturalmente.

E já que as decisões são fundamentalmente éticas, é esta a faceta que deve ser trabalhada. Para tanto, uma visão ampla da realidade e do ser humano é necessária.

Essa visão da complexidade nos revela, mais uma vez, a dimensão interior. A ética reside aí. E a solução do mal-estar psicológico e das relações humanas, também.

Chamaremos as qualidades interiores, como o amor, a compaixão, a paciência, a compreensão, a sabedoria, o contentamento, etc, de qualidades espirituais. Nada de fantasmas e nem misticismo, apenas qualidades humanas essenciais para uma vida saudável. Essas virtudes não caem do céu, elas são aprendidas, treinadas e desenvolvidas. É aí que reside a importância das Religiões. Uma religiosidade inteligente, não dogmática e nem milagrosa. No entanto, como as religiões parece ter pouca penetração na sociedade moderna, cada qual com suas peculiaridades e ritos, falaremos de espiritualidade. Comum a todas as tradições religiosas e diversas filosofias. Como já dizia Sócrates: “Conhece-te a ti mesmo”. É aí que começa a caminhada para nos tornarmos, através de nosso esforço, seres humanos melhores.

Assim será possível o Desenvolvimento. Com a ciência progredindo rapidamente, os problemas tornando-se cada vez mais complexos e mais prementes. Atualmente, as questões são muito complexas tendendo a um aumento desta complexidade, inclusive do ponto de vista ético. Muitos de nós nos tornamos peritos em um certo campo do conhecimento, nos tornamos doutos. No entanto, será que nos tornamos mais sábios? Será que somos capazes de ver a realidade mais ampla e tomar boas decisões? É evidente que sabedoria e bondade são fundamentais.

É importante ressaltar que a própria ciência e outros avanços devem ter, de forma explícita, os mesmos objetivos do Desenvolvimento. A ciência e tecnologia não teriam como motivação (como é hoje) o lucro, mas o bem-estar das pessoas.

Portanto, esta ideologia tem como centro o bem-estar amplo da sociedade. “*Qui prodest?*”. A todos.

Paradigma intelectual para o Desenvolvimento

O paradigma intelectual para o Desenvolvimento é a Complexidade. Este paradigma transcende o reducionismo, ou paradigma newtoniano-cartesiano. Os perigos do maniqueísmo não foram esquecidos, portanto, o paradigma complexo compartilha diversos aspectos desta velha visão, tornando a realidade mais real.

O reducionismo contempla apenas parcelas da realidade, segmentando e simplificando. Criam-se os modelos, que como bem se sabe, tem seu espectro de validade. O esquecimento disso leva aos erros grotescos que já ocorreram e seguem ocorrendo em diversas áreas. Esta

visão parcial tem impactos em toda nossa percepção e a “ciência”, que tanto discutimos, é um caso. Como vimos claramente no curso, normalmente se exclui a influência das ideologias no desenvolvimento da ciência, reduzindo-a a, por exemplo, os famigerados fatos. Mais do que isso se reduziu o conceito de ciência a uma definição tacanha que deixa à margem diversos saberes. Esta é a ideologia básica que permeia toda nossa visão de mundo.

A Complexidade, vê a realidade de uma forma ampla, ela integra e é reconciliadora. Nas palavras de Edgar Morin, no seu livro *“Introdução ao Pensamento Complexo”*: “Não se tratará de retomar a ambição do pensamento simples, que era controlar e dominar o real. Trata-se de exercer um pensamento capaz de tratar o real, de dialogar e negociar com ele”. E ele mesmo esclarece algumas confusões comuns com relação ao pensamento complexo, “Será preciso dissipar duas ilusões que desviam os espíritos do problema do pensamento complexo. A primeira é crer que a complexidade conduz à eliminação da simplicidade. A complexidade aparece certamente onde o pensamento simplificador falha, mas integra nela tudo o que põe ordem, clareza, distinção, precisão no conhecimento. Enquanto o pensamento simplificador desintegra a complexidade do real, o pensamento complexo integra o mais possível os modos simplificadores de pensar, mas recusa as conseqüências mutiladoras, redutoras, unidimensionais e, finalmente, ilusórias de uma simplificação que se toma pelo reflexo do que há de real na realidade. A segunda ilusão é confundir complexidade com completude. Certamente, a ambição do pensamento complexo é dar conta das articulações entre domínios disciplinares, que são quebrados pelo pensamento disjuntivo (que é um dos aspectos principais do pensamento simplificador); este isola o que ele separa e oculta tudo o que o liga, interage, interfere”.

É conseqüência do reducionismo a divisão corpo-mente que, como comentamos anteriormente, trouxe e traz diversos problemas.

O paradigma complexo fornece um embasamento teórico e metodológico para as definições e metas do Desenvolvimento.

A própria disciplina “Ciência e Ideologia: Dimensões Sociais e Políticas das Idéias de Conhecimento e Progresso” tenta dar uma visão ampla do processo científico e das inúmeras influências a que está submetido. Longe de ser algo absoluto, é algo essencialmente contextual. Onde as várias influências atuam simultaneamente, numa interação complexa. A complexidade sistematiza iniciativas como esta, que trata a ciência como um todo e contorna o entrave simplificador e isolador consagrado pela metodologia científica.

Como chegaremos lá?

Para mudanças dessa magnitude devemos pensar em longo prazo. Educação é uma forma importante de alcançar os objetivos de Desenvolvimento.

Novamente, o modelo de Desenvolvimento Sustentável está preparando o terreno no campo ideológico para as mudanças vindouras.

A educação deve ver o aluno de forma holística. Não deve se restringir a conteúdos teóricos do mundo, pois temos este aspecto interior. As filosofias, a ética, a espiritualidade (aquela que já descrevemos, nada de misticismo e coisas que caem do céu) e a atividade física como um hábito para toda a vida, jogariam um papel importante e deveriam fazer parte dos currículos escolares.

Mais uma vez, nada disso exclui os avanços materiais e a busca de novos conhecimentos, inclusive nas áreas de filosofia e religião. A questão é desenvolver essa faceta humana tão importante e tão negligenciada.

Conclusões

Muitas vezes nos apropriamos de idéias sem perceber. A consequência é a não avaliação da ideologia, usando-a indiscriminadamente. Isso é muito perigoso. O curso FLH 5033 “Ciência e Ideologia: Dimensões Sociais e Políticas das Idéias de Conhecimento e Progresso”, nos advertiu sobre estas influências invisíveis.

A diferenciação entre desenvolvimento e Desenvolvimento é fundamental para qualquer plano de longo prazo.

O cenário é consistente, apesar de não haverem detalhes, possuem fundamentação ideológica e intelectual, além de um processo, a educação holística, para se alcançar as metas propostas.

E, finalmente, a percepção que o bem-estar e a felicidade vão além da matéria ou do conforto.

Agradecimentos

O curso FLH 5033 é um daqueles que a gente não esquece. Aprendi coisas muito importantes. Ao professor Gildo Magalhães, pela disposição em ensinar, conversar e ajudar, e aos colegas, pelas intervenções e discussões oportunas, dando-me a chance de conhecer melhor suas respectivas áreas de formação, tendo como destaque a História, o meu muito obrigado.

Bibliografia

Herman, Arthur. **A Idéia de Decadência na História Ocidental**

Hemery, Daniel; Debeir, Jean-Claude; Deleage, Jean-Paul. **Uma História da Energia**

Gyatso, Tenzin. **Uma Ética para o Novo Milênio**

Capra, Fritjof. **O Ponto de Mutação**

Morin, Edgar. **Introdução ao Pensamento Complexo**

Tennenbaum, Jonathan. **Energia Nuclear – Uma Tecnologia Feminina**

Thuillier, Pierre. **De Arquimedes a Einstein**

ANEXO B - O desmatamento por uma perspectiva histórica

Monografia final da disciplina ENE 5718 - “Energia, meio ambiente e desenvolvimento”, cursada no Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP (IEE-USP), que também versa sobre tema correlato a esta dissertação. Aborda alguns aspectos que interagem com os desmatamentos, dando um vislumbre da complexidade e interdisciplinaridade da questão energética.

Introdução

O levantamento do histórico de desmatamento em países desenvolvidos nos últimos anos já foi feito. Logo, para enriquecer o estudo, este trabalho dará uma perspectiva histórica ao assunto.

O propósito é evidenciar a dinâmica entre a esfera econômica, social e ambiental e a influência da tecnologia. Mostrando quando ocorreram e as razões principais e básicas dos desflorestamentos na Europa, se tentará alcançar o propósito desejado.

Para o curso ENE 5718 “Energia, meio ambiente e desenvolvimento” é extremamente relevante a discussão, pois as correlações entre crescimento, meio ambiente, energia e tecnologia ficarão mais claras ou, no mínimo, se terá uma referência histórica e de experiência da humanidade.

Uma visão holística: as 3 esferas

Para fazermos uma avaliação ampla do papel da Energia para o bem-estar é necessário que vejamos em que contexto ela está inserida e quais são as inter-relações existentes.

Para tanto, usaremos 3 esferas de estudo ou ação: a esfera econômica, a esfera social e a biosfera.

A esfera econômica, diz respeito à produção, à troca, ao consumo, etc. e que tem suas regulagens internas. Por exemplo, em uma sociedade capitalista, o mercado, os preços, a concorrência, etc. Esta esfera tem uma dinâmica peculiar.

A esfera social, que é mais ampla, está relacionada com a sociedade em si e suas instituições. Ou seja, a sociedade civil, o Estado, as ideologias, etc. Esta dinâmica também tem suas próprias características, em especial, por ser constituída de seres biológicos dotados de autoconsciência.

E, finalmente, a biosfera, que abarca toda matéria viva e inanimada.

A esfera econômica está subordinada à esfera social. E esta, por sua vez, está subordinada à biosfera.

A economia depende da sociedade que depende do ambiente. Porém, cada uma pode afetar as outras esferas. Ter isso em mente é muito importante.

Logo, reciprocamente, a economia tem impactos sobre a sociedade e ambos sobre a biosfera. No entanto, não devemos nos esquecer da amplitude de cada esfera e a subordinação de uma para a outra.

Há uma interdependência e qualquer avaliação, iniciativa, decisão ou ação deve levar em consideração este fato.

História do desmatamento

A Idade Média (476-1453 d.C.), ao contrário do que muitos pensam, foi uma época de profundas mudanças, com influência direta no modo de vida vindouro. Tanto do ponto de vista da sociedade, como do meio ambiente. Com avanços tecnológicos importantes (que serão descritos mais adiante) alterou-se de forma radical o sistema energético. No fim da época medieval, existe um sistema energético completamente novo. Além disso, graças a esses avanços, a paisagem européia é alterada de forma intensa.

Antes do período medieval a energia mais usada era a biológica de origem humana, no final as modalidades de energia eram diversas (hidráulica, eólica e biomassa). Animais e máquinas vêm multiplicar a força do homem em uma escala desconhecida até então na história.

As inovações têm início, sobretudo, no norte e oeste da Europa. A Europa úmida. Isso se deve a suas peculiaridades, destacando os grandes rios, florestas e pradarias. Essas inovações, ao longo do tempo, vão se generalizando para todo o continente.

Essas mudanças energéticas tiveram grande impacto no meio ambiente.

A figura, a seguir, é uma gravura da época, mostrando os costumes e as relações sociais e o vínculo entre o homem e a terra. São camponeses que colhem trigo e o levam para o moinho (*mill*).

Apenas a título de curiosidade, na Idade Média, na Europa, não se conhecia a perspectiva espacial nos desenhos, por isso a gravura não apresenta a noção de profundidade. A perspectiva foi um desenvolvimento da Renascença.



Figura 1: Relações medievais.

Época de maior devastação na Europa

A Idade Média foi uma época de grandes mutações. Uma delas foi a mudança da paisagem. Foi a época de maior desmatamento da história européia. Com o auxílio do cavalo e, sobretudo, do boi, em menos de dois séculos (XI ao XIII), foram arrancados milhões de

hectares de florestas e pântanos que formam, ainda hoje, grande parte da paisagem rural da Europa.

Graças, exatamente, aos avanços tecnológicos foi possível tamanha devastação. Esses desenvolvimentos, como já foi dito, estão intimamente ligados ao aproveitamento energético.

Causas da devastação

O desflorestamento teve como grande causa a expansão demográfica no final do século IX. Esse crescimento populacional exigiu o aumento de terras cultivadas e da produção de alimentos.

As inovações tecnológicas jogaram um papel decisivo neste aspecto do crescimento.

A substituição da madeira pelo ferro no instrumental agrícola; a grande inovação agrícola na Idade Média, a rotação trienal que substitui, pouco a pouco, no norte, as culturas itinerantes e a rotação bienal, aumentando a produtividade das terras; a força animal e os moinhos que substituem progressivamente a energia humana são as principais tecnologias.

A madeira era uma parte essencial no cotidiano medieval. Ela era onipresente. Além de ser um energético era usada na construção e na marcenaria de um sem-fim de instrumentos e objetos.

Como energético o principal uso era o doméstico. Em seguida, era como combustível das forjas.

Formas da devastação: a tecnologia e o desflorestamento

Os desenvolvimentos tecnológicos aumentaram a depredação das florestas.

Veremos agora as relações entre as causas dos desmatamentos e dos desenvolvimentos tecnológicos através dos detalhes deste.

Essa relação é muito estreita e fica evidente quando a pressão sobre as florestas foi tão intensa que no final do século XIII, foi necessária a intervenção do Poder Real para deter os desmatamentos.

Expansão da fronteira agrícola

A expansão da fronteira agrícola foi auxiliada pelo boi e pelo cavalo.

O uso do cavalo de forma eficiente foi um dos grandes avanços medievais. O cavalo era usado desde a antiguidade, no entanto, o sistema de ajazamento era muito ineficiente. Ele era fixado em torno do pescoço do animal e o estrangulava quando o esforço era mais intenso. Na Idade Média o arreo foi aperfeiçoado, dando um desempenho extraordinário ao cavalo, chegando a ser duas vezes mais eficientes que os bois.

Os instrumentos agrícolas eram predominantemente de madeira, com o uso do ferro as ferramentas eram melhores em diversos aspectos, facilitando o trabalho.

A rotação trienal agregado ao sistema de alqueive de plantas forrageiras e de leguminosas, que aumenta em um terço a colheita global e de metade a produtividade do trabalho humano. Além disso, a qualidade do alimento melhora. As leguminosas fazem a fixação de nitrogênio e os excedentes de cereais permitiram a criação de mais cavalos.

Moinhos hidráulicos e de vento

O maior avanço medieval, do ponto de vista energético, foram os moinhos hidráulicos e de vento. Fica mais fácil entender sua importância no sistema energético medieval, quando sabemos que cada moinho pode substituir até 20 homens. Tão importante que, até meados do

século XIX, a palavra *mill* e a palavra *factory* eram usados indistintamente para designar fábrica.

Os moinhos eram usados para a produção de farinha e logo depois se tornou a força motriz para o surgimento de uma proto-indústria.

Sua difusão é espantosa. Somente de moinhos hidráulicos, até o ano 800, havia algumas dezenas em todo o Ocidente; até o ano 1000, centenas; durante o século XI, mais de uma dezena de milhares só na França. O número era tão grande que chegaram a saturar os principais cursos d'água. Existiam diversos tipos de moinhos hidráulicos, o mais usado era o de roda vertical de pás com acionamento inferior, ou seja, uma roda cujo eixo é horizontal e a água a tangencia em sua parte mais baixa. Seu rendimento era da ordem de 20%.

As atividades proto-industriais são: o apisoamento de tecidos, o acionamento de sopradores e o malho do ferro nas forjas (este aspecto será mais explorado no item seguinte). Os moinhos aumentam a produtividade na moagem e na sociedade em geral.

Muitas das relações de poder são formadas em torno dos moinhos.

Desenvolvimento da metalurgia pelo uso de rodas hidráulicas

O desenvolvimento das rodas hidráulicas provocou um consumo crescente de outras fontes de energia, com destaque à lenha.

No caso das forjas, o uso de rodas, permitiu, através do acionamento de sopradores, elevação das temperaturas nos fornos produzindo aços de melhor qualidade. Além disso, a força das rodas servia para malhar o ferro e algumas outras atividades do processo. Isso aumentou a oferta de um bom aço que foi utilizado mais freqüentemente. A elevação da temperatura e o aumento do uso acarretaram na necessidade de mais madeira para a forja, levando certas regiões da Europa a verdadeiras crises florestais.

Formas de poder

Quem detém a força motriz das máquinas e dos animais tem grandes vantagens econômicas e políticas.

Os moinhos hidráulicos eram, de forma geral, um monopólio senhorial, pois os recursos para construir e, sobretudo, o curso d'água pertenciam ao senhor laico ou eclesiástico. Dessa forma, o senhor explorava os camponeses que moíam seu trigo no moinho senhorial.

Esse panorama melhorou um pouco com os moinhos de vento, cuja construção era mais simples e sua força motriz, o vento, não tinha dono.

Da mesma maneira, as forjas maiores, com rodas, esmagaram as pequenas forjas. Ou seja, com a apropriação das linhas energéticas se estabeleciam relações de poder.

Uma influencia ideológica e prática se faz presente nesta época. Ela é mais inesperada que o fato da Idade Média ser uma época de grande efervescência. A influência das comunidades monásticas.

Os monastérios foram lugares de exploração racional de recursos naturais. Os beneditinos tinham deveres de trabalhos manuais, mas como não havia compromisso com o lucro e com a acumulação de bens, compreenderam como tirar proveito das máquinas para economizar o próprio trabalho. A utilização de moinhos e a sua organização em vastas unidades de produção chegaram a um ponto jamais alcançado por nenhum grupo social anterior. Os cistercienses são considerados um dos raros grupos sociais que não se apoderam de uma tecnologia para acumular bens materiais e dominar outros grupos, mas para ter mais tempo para atividades mais edificantes. Esses monges buscam se poupar dos trabalhos “inúteis” para se dedicar mais à meditação e à prece.

Com esse domínio técnico e uma vida bem regrada criava condições para a prosperidade. Os ganhos de produtividade resultantes das virtudes beneditinas e cistercienses, a moral de trabalho e do relacionamento com a natureza inspiraram diversos artesãos e comerciantes. Essas atitudes “protestantes” foram muito anteriores ao Calvinismo. Na figura, monge e camponeses.



Figura 2: Relações de poder

Com as relações de poder dadas pelo domínio das linhas energéticas começou a concentração capitalista. Logo, os desenvolvimentos na Idade Média, tanto tecnológicos, como sociais, dão ensejo ao capitalismo e à Revolução Industrial.

Conclusões

A problemática energética deve ser vista de forma integrada, levando em conta as 3 esferas e suas interações. Quando se separa uma esfera da outra se perde a visão de todo e suas conexões.

É necessário observar, com muito cuidado, a relação entre sociedade, economia, tecnologia e meio ambiente. Qualquer solução que se preze deve avaliar muito bem estes aspectos.

E, finalmente, é necessário definir de forma adequada Desenvolvimento. O que nós buscamos? Bem-estar? O que é bem-estar?

Se não soubermos onde queremos chegar, não haverá quem nos conduza.

Bibliografia

Hemery, Daniel; Debeir, Jean-Claude; Deleage, Jean-Paul. **Uma História da Energia**

Goldemberg, José; Dondero, Luz. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**

Capra, Fritjof. **O Ponto de Mutação**

Morin, Edgar. **Introdução ao Pensamento Complexo**

Herman, Arthur. **A Idéia de Decadência na História Ocidental**