

# Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental

Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.

ISSN 1517-1256

Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

*Volume especial, outubro de 2004.*

## **Da sofisticada complexidade do simples à ingênua simplicidade do complexo: algumas reflexões sobre a Vida**

**Robert Betito<sup>1</sup>**

Uma série de reflexões, livres e rápidas, compõem uma visão sobre a Vida: sua origem, evolução, organização, complexidade e estabilidade. Conceitos sobre indivíduos, populações e ecossistemas são interconectados. Os fenômenos termodinâmicos que regem os diferentes níveis são invariantes em escala. O ser humano comum, imerso em seu cotidiano, sem consciência da importância desta interdependência, no tempo e no espaço, toma decisões continuamente baseadas em falsas premissas, prejudicando o equilíbrio de sua psique e afetando o ambiente. O dilema é agravado pela densidade demográfica, reforçando a armadilha da tragédia do bem comum. A eliminação desta ignorância, responsável por sofrimentos e injustiças, só pode ser eliminada via Educação. Como complemento desta, as artes aprimoram as percepções com abordagens que contribuem na interpretação do significado da Vida. A progressiva complexidade biológica, uma vez entendida, é uma simples e bela contemplação da organização dinâmica da Vida, num perfeito jogo yin yang.

Palavras chaves: Vida, genética, reprodução, evolução, ecologia, termodinâmica, sociobiologia, tragédia do bem comum, sistemas dinâmicos, teoria da informação, catástrofes, jogos, teoria da escolha, etologia, propriedades emergentes, entropia, artes, educação, conscientização, hierarquia, complexidade, estabilidade, auto-organização.

Ah, a Complexidade, que tema fascinante! Ela é capaz de gerar, em muitas ocasiões, frustração e indignação, constrangimento por não se conseguir entendê-la e em outras, perplexidade e admiração, evidenciando como é elementar a interpretação de seus argumentos. Este assunto é um diferenciador primordial de comportamentos (humanos ou não) envolvendo escolhas, estratégias e conseqüências, tidas como complementares na gama de possibilidades entre os dualistas de padrão yin e de padrão yang ☯<sup>2</sup>. O

<sup>1</sup> Professor Titular do Depto. de Oceanografia – FURG, membro do GEC (Grupo de Estudos da Complexidade) e proponente da instauração do Núcleo de Estudos de Sistemas Complexos Auto-Organizados (NESCAO). E-mail: [docbetit@furg.br](mailto:docbetit@furg.br)

<sup>2</sup> artigo escrito com base em palestras e cursos do autor.

texto a seguir pretende ilustrar como alguns conceitos da complexidade provocou revelações ao autor e impregnou progressivamente suas atividades acadêmicas com a incorporação deles.

### **As contribuições da Teoria da Escolha**

Para alguns (yin) a complexidade causa medo! Medo do desconhecido, do inesperado, do insuspeito, gerador de expectativa, apreensão e em alguns, até pavor. Pavor, medo do que? De tomar decisões, de fazer escolhas adequadas para suas vidas, responsabilizar-se pelas atitudes tomadas, tanto para o benefício próprio como para o coletivo! Para estes, o padrão é viver o cotidiano preocupando-se egoisticamente apenas consigo (seu entorno), no agora, realizando seus negócios fúteis sem muitas outras perspectivas de futuro, a curto e a longo prazo. Agem como se fossem as presas em um dado ambiente, passivas, contemplativas, observadas e avaliadas. O mais conveniente para estes é viver na inércia mental, do que gastar tempo e energia em tentar resolver questões do imprevisível, cujos fatores nem sempre estão sob seu controle, pois detectar quais são estes fatores já é por si só, uma tarefa extremamente complexa (Betito & Almeida, 2001).

É a situação humana da expressiva maioria, mantida na ignorância por interesse dos ‘poderosos’, massa de manipulação, mantendo a mesmice do funcionamento de nossas sociedades, tidos popularmente como gente ‘normal’ (Gould, 1991; Betito, 2000; Almeida & Betito, 2002). Ser normal é estar na moda (em ambos sentidos: estatístico e de aparência), é sentir a segurança de pertencer a média (Oliveira, 1999), enquadrar-se no ‘senso comum’, apesar deste muitas vezes estar recheado de ‘falsas consciências’. É comportar-se de forma inconscientemente competente, ou seja, ser capaz de executar com eficiência suas tarefas, porém não saber por que as está executando, com que finalidade e com quais conseqüências, como um robô, sem vínculo com o termo responsabilidade, pois lhe falta a noção de onde suas ações se encaixam no todo (Almeida & Betito, 2000). Esta é a grande armadilha social da Tragédia do Bem Comum (Hardin, 1968), onde tragédia tem a conotação do ‘observar sem remorso o desenrolar dos fatos’. Este tipo de atitudes foi o que tornou possível, por exemplo, a ocorrência do Holocausto (Milgram, 1963).

Dentro da ampla variedade de opções há humanos que se preocupam, num outro extremo (yang), em entender as interconexões existentes entre os fatores percebidos da realidade e avaliar quais outros ainda podem interferir em sua análise, na maior amplitude das escalas de espaço x tempo (Betito & Almeida, 2001). Comparando diferentes observações feitas nestes moldes torna-os capazes de deduzir a existência de uma provável estratégia, a qual é testada em outras situações para sua validação. É assim que se aprende, vencendo os medos e agindo de forma mais sábia. A complexidade passa a ser um desafio a ser vencido, é um meio de exercitar o raciocínio com elucubrações progressivas, capazes de transportar seu executor para dimensões totalmente novas, abstratas, nunca observadas, porém possíveis. Agem como predadores, observadores e analistas, pró-ativos, aprendendo e memorizando a cada nova experiência, aprimorando seu rendimento e eficiência. Muitos destes querem participar em suas vidas de algo maior do

que a dimensão deles próprios para sua plena realização, como de uma corporação, de um exército ou de uma orquestra, o que só é possível integrando-se ao conjunto, à complexidade (Gell-Mann, 1994).

Busca-se o conhecimento (o fruto proibido do paraíso), motivado pela curiosidade, que traz a perspectiva da criatividade e da alegria da descoberta, que nos impulsiona a entender o Universo, o que percebemos (real ou virtual), o que somos, o que fomos, o que queremos e para alguns, devido a Educação, o que devemos ser. Os animais também aprendem, adicionando ao seu instinto informações do ambiente, adaptando-se paulatinamente a ele, porém não desenvolvem, como no homem, uma cultura gerada pela educação (Chapple, 1972; Hofstede, 1983). Analisar esta complexidade é assumir a responsabilidade deste processo de aprendizagem, que envolve passado (ser, o que sabemos), presente (fazer, como devemos agir) e futuro (ter, onde queremos chegar). É uma trajetória dinâmica, repetitiva, progressiva, porém lembremos que uma longa viagem começa sempre com um simples passo (Lao Tzu).

Em primeiro, para se conhecer a percepção das pessoas sobre si mesmas, deveria-se perguntar: o que se sabe, é maior, menor ou igual, ao que não se sabe? Em geral, pessoas com baixo nível educacional só se dão conta do que sabem, para seus afazeres cotidianos, sem perceber a infinitude de informações que não sabem. Se não sei o quanto não sei como posso responder, dizem! É necessário participar do processo educativo, formal e informal, para entrar no jogo da aprendizagem continuada, para dar-se conta que há sempre cada vez mais informações a serem conhecidas (Betito e Almeida, 2001).

Sendov (1994) diferencia Sabedoria de Conhecimento. O conhecimento é fragmentado, é um tipo de informação na qual diferentes partes isoladas estão conectadas entre si, ou seja, é informação com estrutura. É ele que alimenta uma forma (yin) de aprendizagem, o reducionismo. Sabedoria é uma estrutura informacional superior, envolve qualidade ou estado de ser judicioso; avaliação sobre o que é verdadeiro ou correto, aliado a um bom julgamento de como agir (moral filosófica); sagacidade, discernimento (conscientização) e/ou intuição. Sua ação (yang) é mais voltada para o entendimento do todo, do holo, do unificado sem consideração avulsa das partes, pois a simples soma das parcelas não é igual ao todo – fundamento dos sistemas dinâmicos não lineares (Almeida *et al.*, 2000). Sabedoria é, portanto, uma manifestação especial do conhecimento e conhecimento é uma conjunção especial de informações. Caso usemos uma representação escalonada de compreensão, conhecimento é o primeiro nível decorrente da informação adquirida e como ela se estrutura. Sabedoria é, por sua vez, conhecimento especialmente organizado, em um patamar superior de estruturação e complexidade, onde se manifestam as propriedades emergentes (Odum, 1983; Burns *et al.*, 1991) que tornam a criatividade possível, para a satisfação das exigências de uma ação mais eficiente e estável.

Qual seria, então, a diferença entre os dois padrões em termos das conseqüências de suas atitudes? Uma pequena história pode resumir onde se pretende chegar: um operário é contratado numa fábrica para fazer buracos numa chapa; ele passa os próximos 20 anos fazendo furos nas chapas sem saber para que elas são usadas; ele está numa situação de competência inconsciente (Almeida & Betito, 2000); um dia, o dono o convida a visitar com ele outros setores da fábrica e lhe explica que a chapa que ele fura faz parte

da asa de um avião e que se mal furada, aumenta os riscos de acidente em vôo; a partir daquele dia, o operário não mais apenas fura chapas, mas ele passa a ter competência consciente de que está salvando vidas. Ou seja, seu comportamento, por entender um todo maior que seu cotidiano, deu um pulo de qualidade (Teoria das Catástrofes, Arnold, 1989), re-significando suas atividades. É o que Almeida (1999), baseado no livro ‘O apanhador no campo de centeio’ de Salinger, chama de desenvolvimento da endoqualidade. Este, por acaso, não é o dilema atual que se enfrenta com a terceirização e a durabilidade dos produtos comercializados por nossas sociedades?

Assim, na distribuição normal de possibilidades quem está na moda, está na média e quem está na média é um medíocre. O sentido pejorativo desta palavra indica que ninguém quer estar nesta posição, ninguém quer ser igual a ninguém, pois todos nós somos e fomos gerados uns diferente dos outros. É por isto que possuímos identidade. A evolução nos proporcionou um cérebro com complexas conexões nervosas que possibilitam o reconhecimento individual através da configuração dos nossos rostos e, só para citar o enorme potencial de variação, nenhum rosto, como também nenhuma digital, foi copiado até agora ao longo das gerações, desde a origem da Humanidade. Esta variabilidade é inerente à Biologia e caracteriza uma das mais importantes propriedades da complexidade, a diversidade. Infelizmente, desde a revolução industrial, o homem ‘civilizado’ tem agido exatamente em sentido oposto, desrespeitando as diferenças (de qualquer tipo) e a variabilidade, padronizando comportamentos, conceitos, instituições, caçando e extinguindo espécies, ocupando o solo fértil com monoculturas, desmatando e queimando florestas, reduzindo significativamente a biodiversidade no planeta gerada pela evolução.

A dualidade yin yang se manifesta eternamente nesta evolução – somos potencialmente diferentes uns dos outros por causa de nossa singularidade em forma (rosto, digitais) (variável, instável) (Thom, 1972), porém somos essencialmente iguais em função (padrão, estável) pois, segundo a Teoria da Escolha (Glasser, 1998), todos nós, por instinto, buscamos a satisfação de 5 necessidades básicas primordiais: sobrevivência e reprodução, amor, poder, liberdade e diversão. Qual é então a lógica (bio-lógica, a lógica da Vida) deste processo ambíguo? Ora, se atualmente somos cerca de 7 bilhões de pessoas no planeta, são 7 bilhões de possibilidades diferentes a testar os meios apropriados de alcançar o objetivo comum, satisfazer as necessidades egoístas que cada um de nós requer para viver e alcançar, como um todo, a felicidade (Almeida & Betito, 2002).

Alguns (yin) usam como estratégia uma forma passiva de obter esta satisfação, a esperança, a espera estagnada de que algum dia tudo dê certo para que isto aconteça e se concretize, cumprindo a lei do mínimo esforço (Zipf, 1949). Esta estratégia é usada basicamente quando não se sabe o que fazer frente a uma situação, muitas vezes por que falta-nos informações apropriadas. É o caso do que ocorre após se passar por um choque traumático ou da aproximação de um momento crucial em que somos forçados a tomar uma decisão. A tendência é entrar em depressão (Betito & Almeida, 2001), criar um ‘clima’ abaixo do normal (por isto o termo depressão, de concavidade), de proteção temporária, que atrai para si a energia externa (ajuda dos outros) de todas as direções, de forma egoísta, tendendo a restabelecer

o equilíbrio (pelas leis gerais da termodinâmica e entropia) com uma análise mais detalhada da situação e aquisição progressiva das informações pertinentes para uma tomada de decisão.

Outros (yang) preferem ser mais pró-ativos e agir, conforme suas escolhas e responsabilidades, para atingir dinamicamente seus objetivos do modo como eles os desejam ou idealizam. É necessário, para tal, que este indivíduo se conheça, saiba quem ele é – seu caráter (yin) e suas personalidades ou máscaras (yang) – o que quer e porque, seja capaz de reconhecer as implicações pessoais e coletivas de seus atos. Historicamente, são estes idealistas que movimentam o mundo. É muito mais provável que a auto-estima destes se mantenha em alta com relação aos primeiros (convexidade), o que implica em mudança de patamar de qualidade, qualidade de ação, de escolhas, de satisfação ou realização pessoal, de poder fazer diferença positiva na vida dos outros (como as fêmeas ao gerar e dar a luz a seus filhotes),... de Qualidade de Vida (Adler, 1955; Glasser, 1998; Almeida, 1999; Almeida & Betito, 2002).

### **Os sistemas dinâmicos não lineares e a espontaneidade da auto organização**

Repara-se, no entanto, que a dualidade yin yang não é simétrica! Estar morto (yin) não é igual a estar vivo (yang) (Atlan, 1992). Apesar disto, são tidos como complementares, pois para se saber que se está vivo é necessário em primeiro reconhecer a morte, o que torna implícito a existência de um mecanismo de evolução. O mesmo se aplica ao negativo/positivo eletromagnéticos, mar/terra ou sul/norte geográficos, escuridão/luz bíblicos, mal/bem ou ignorância/sabedoria morais, macho/fêmea biológicos, emoção/razão, passivo/ativo, presa/predador, defesa/ataque, egoísmo/altruísmo, insulina/adrenalina, dor/prazer, dentro/fora,... onde é preciso tomar como referência um para entender o outro e cada domínio exige o uso de estratégias diferenciadas para obter a maior qualidade em seu respectivo campo de ação, aprimorando no todo (o uno) a complexidade (dual). Esta ocorre porque em cada etapa deste avanço surgem propriedades novas (emergentes), espontaneamente, totalmente imprevistas no patamar inferior (Fig. 1). A espontaneidade bem como a imprevisibilidade são outras características dos sistemas dinâmicos não lineares (Piqueira, 1992). Fazer qualidade, portanto, custa caro, exige esforço, dedicação, investimento de energia, paciência, auto confiança e segurança, com uma visão especial do funcionamento do todo sem deixar de reconhecer a importância da contribuição particular de cada componente ou elemento.

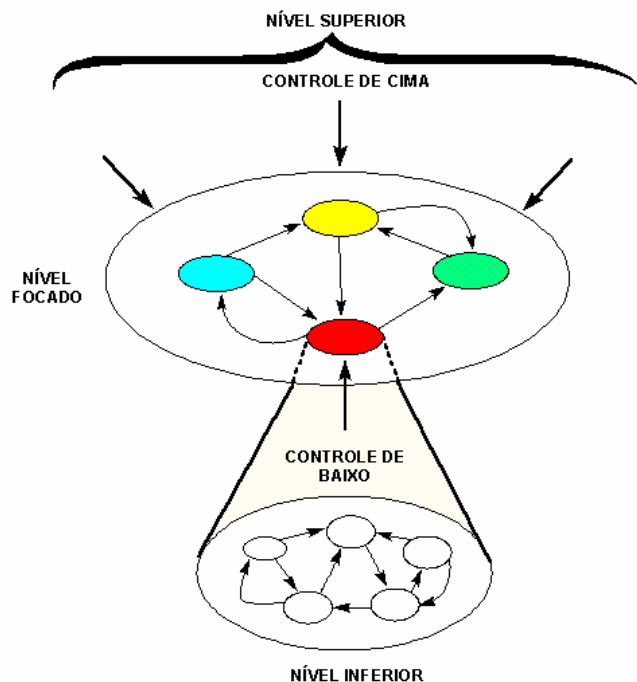


Figura 1. Concepção de uma propriedade emergente segundo Burns *et al.* (1991).

Cumpra-se aí a metáfora da ampulheta de Bak (1997) dos sistemas dinâmicos complexos auto-organizados (Fig. 2): à medida que os grãos de areia (elementos) caem vai-se formando um morro (uma das escalas do todo), que cresce até que a borda atinja uma inclinação máxima (condição de criticalidade), onde o efeito de um novo grão de areia (elemento singular) provoca uma avalanche (desorganização do sistema, yin), permitindo com o continuar da queda de outros grãos uma re-organização completa do sistema (yang). É a dualidade caos (yin) e ordem (yang) se manifestando, onde o equilíbrio da situação é gerado por um acontecimento dinâmico e não estático, baseado no constante alternar entre um domínio a outro, como as ondas do mar (Fig. 3). Salienta-se que cada elemento do holo, consciente ou não, é dotado aqui de valor pois sua contribuição é imprescindível na formação do morro: a interação dos grãos, considerando suas formas variadas (diversidade), o momento da queda (organização temporal), a posição relativa ocupada (ação dinâmica espacial),... determinam a complexidade do sistema. O grão singular tem em si duplo propósito, yin e yang, pois sendo responsável pelo desmoronamento (catástrofe) do sistema é ao mesmo tempo o responsável pela re-organização do todo (Bak & Paczuski, 1995).

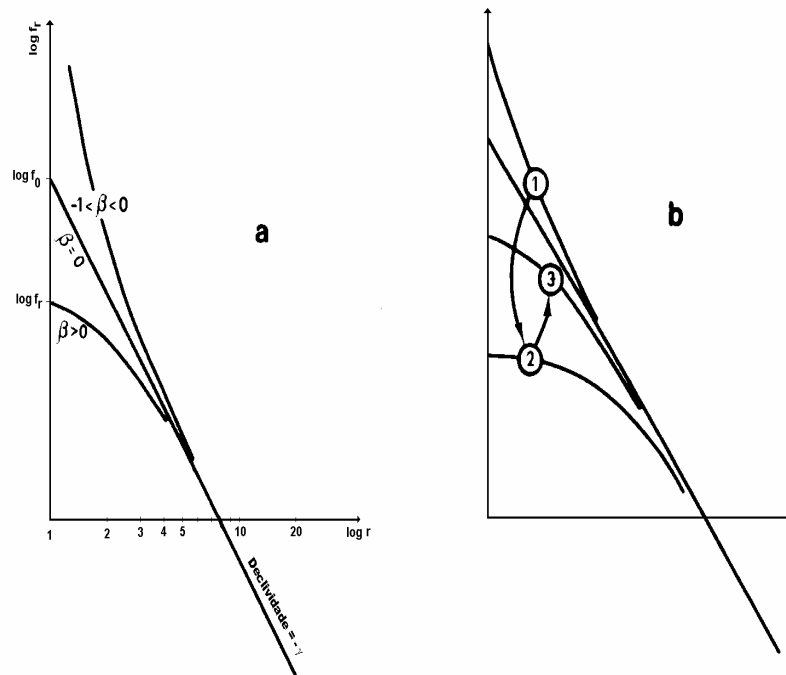
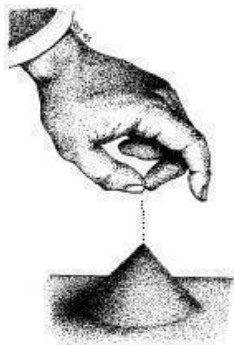
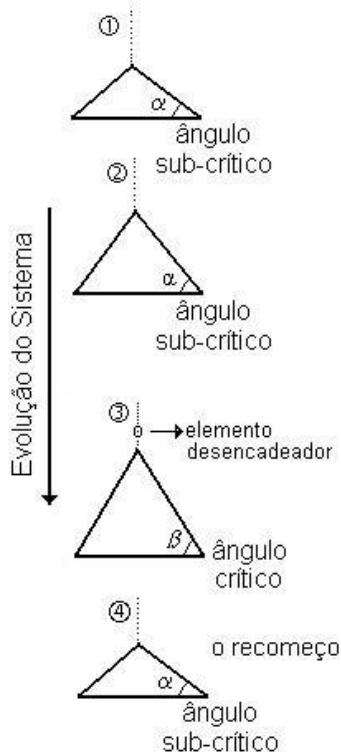


Fig. 2. Curvas ajustadas pela lei de potência para a distribuição de freqüências de observações ordenadas (criticalidade auto-organizada) (Frontier, 1987). (a): com  $\beta$  positivo ou negativo, todas as curvas tendem a declividade assintótica  $-\gamma$ , relacionada a dimensão fractal do sistema (b): variação seqüencial do modelo sob efeito de perturbações, de acordo com os eventos ① situação primitiva, de estratégia oportunista, ② evolução para um maior nível de complexidade, ③ situação madura com elevada estabilidade (ver aplicação em Betito & Almeida, 2001).

Do ponto de vista social poderia-se associar esta ação a de alguns personagens, como Moisés, Noé, Jesus, Buda, Maomé, Gengis Kan, Napoleão, Hitler, Disney, Tchaikovski, L. Da Vinci, Júlio Verne, Darwin, Albert Sabin, Einstein,... (em escala mundial) e Gandhi, Martin Luther King, Madre Teresa de Calcutá, Luba de Bergen-Belsen, o oceanógrafo Nansen, Schindler, J.F. Kennedy, Rui Barbosa, Osvaldo Cruz,... (numa escala mais restrita, sem querer desmerecer nenhuma outra celebridade). Não é cabível, neste modelo, desrespeitar as diferenças individuais entre os elementos e gerar discriminações, pois cada qual com suas características interage de forma singular com os outros e o sistema não admite perder variabilidade (como é o caso nas guerras ou do Holocausto) sem perda de qualidade (o pool genética).



**O grão que faz a diferença  
ou como  
A Vida vem em ondas (Tim Maia)**



Sistema inicial com poucos elementos e muitos espaços possíveis ainda vagos, sem muitas interações entre eles, gerando pouca informação nova, situação estável porém imatura, de baixa entropia, muita energia livre no sistema, com elevado desperdício de seu uso no processo de auto organização

Sistema em evolução com mais elementos e menos espaços possíveis vagos, aumenta as interações entre eles, gerando muita informação nova, situação estável em maturação (ordem), com aumento progressivo da entropia, com menos energia livre no sistema e menor desperdício de seu uso no processo de auto organização

Sistema em estado crítico, com quase o máximo de elementos permitidos ocupando os poucos espaços ainda disponíveis, máxima interação entre eles, gerando porém pouca informação nova (próximo ao limite assintótico, criticidade), situação instável e madura (caos), de máxima entropia, com muito pouca energia livre no sistema, toda ela usada no processo de estabilização e auto organização

O sistema evoluiu aumentando sua complexidade, sofre um salto de qualidade por catástrofe, reorganizando-se em um novo patamar de equilíbrio com os elementos que possuía, graças a uma nova propriedade emergente ele passa de uma situação instável e madura, de máxima entropia, para uma nova situação estável, imatura, de baixa entropia (ordem), reiniciando o processo de auto organização sob as novas condições

Fig. 3. Metáfora da ampulheta de Bak (1997) sobre a evolução de um sistema complexo auto organizado acoplado à geração de informação e entropia (Atlan, 1972).

A eficiência das diferentes etapas da vida e o custo de sua organização estão, de certo modo, associadas a razão: (aumento da informação) / (aumento da entropia) = eficiência (Margalef, 1997).

O referencial da complexidade está na quantidade de informações (Teoria da Informação, Shannon & Weaver, 1949) que possuímos para analisar o que percebemos como ‘realidade’. Imagine a situação de dois gêmeos univitelinos – ambos tem a mesma genética (yin), porém não ocupam o mesmo espaço ao mesmo tempo (ambiente, yang), o que faz com que eles tenham histórias de vida particulares, únicas, singulares. Eles podem viver juntos por toda sua existência, porém a realidade vivenciada por um será diferente da do outro. É a condição da dependência sensível aos fatores iniciais dos sistemas dinâmicos não lineares (Piqueira, 1992). Caso fossem siameses, uni ou bivitelinos, com um único corpo ocupando o espaço ao mesmo tempo, as percepções sensoriais do universo que os rodeia também seriam diferentes. Ou seja, o teor das informações, a seqüência em que elas se apresentam, num dado contexto e em determinado momento define no sujeito seu mapa mental, a forma como cada qual constrói a representação do seu mundo, conforme sua experiência, sua realidade (Almeida *et al.*, 2000).



Como, então, a Natureza nos prepara para assumir escolhas, com as maiores probabilidades de acerto, se no jogo biológico em que estamos inseridos não temos a totalidade das informações da realidade e a imprevisibilidade das conseqüências de nossas ações é enorme (o demônio de Maxwell, Andrade, 2004)?

A genética monta a essência, baseada em todas as informações testadas e re-testadas na evolução da espécie – o grande Jogo da Vida (Maynard Smith, 1982; Axelrod, 1984; Sigmund, 1993), depositando toda esta bagagem no instinto (yin). Com ele os espécimes são capazes de sobreviver e executar todas as tarefas imprescindíveis para tal. Ele dá a forma padronizada e espontânea de responder as variáveis do ambiente, proporcionando a execução de comportamentos de sucesso, de maiores probabilidades de acerto, alicerçados no conhecimento do passado (reparem na ironia, pois isto também não deixa de ser um aprendizado), sem que se precise aprendê-los (Eibl-Eibesfeldt, 1974), apesar da imprevisibilidade das situações. É uma estratégia de garantir a eficiência da sobrevivência dos indivíduos extremamente funcional desde que as condições ambientais não mudem, gerando estabilidade no sistema bio-ecológico.

Como o ambiente pode se alterar com relação àquele em que a espécie se desenvolveu, afetando a sobrevivência na janela de tempo em que um dado espécime estará vivo, a aprendizagem (yang) providencia a adaptação dos comportamentos (Etologia) para a otimização de sua vida no presente. Tais comportamentos aprendidos se sobrepõem aos instintivos, subjugando-os, permitindo um aumento de eficiência na tomada de decisões (lógicas, lineares) dentro das novas condições ambientais que se apresentam. Eles não são repassados geneticamente para as futuras gerações, mas se a situação ambiental permanecer, a seleção natural entra em jogo e incorpora a resultante ao banco genético, juntamente com novas regras de seleção sexual, gerando-se uma nova espécie (processo de especiação). Isto é, somente os que aprendem, sobrevivem! Esta é a base da Evolução, processo auto-organizado fundamentado em adaptação, que interliga passado, presente e futuro num jogo contínuo em busca de soluções para manter a Vida (biótica), sua complexidade, diversidade e estabilidade a medida que o ambiente físico/químico (abiótico) sofre variações (Margalef, 1977; Odum, 1983; Sigmund, 1993; Gell-Mann, 1994; Bak, 1997; Dawkins, 1998).

É isto o que torna a dimensão ortogonal da variabilidade possível, pois como Dawkins (1979) menciona, há uma guerra entre os sexos (horizontal, yin) e uma outra, simultânea, entre as gerações (transversal, yang). Estes conflitos entre indivíduo e coletividade (Hardin, 1968), espécime (yin) vs espécie (yang), são aparentes pois fazem parte de um único complexo de decisão (foco da bifurcação). Em sistemas auto-organizados como este, os micro estados (elementos, espécimes), com suas características particulares e interações, organizadas por leis físicas e hierarquizadas entre si (Allen & Starr, 1982), agem por necessidades egoístas, que sob o ponto de vista do todo são geradoras de comportamentos caóticos. É a aparente desordem do sistema, onde parece que ninguém se entende com ninguém, estabelecendo-se a conhecida Torre de Babel. Isto, no entanto, leva a um benefício coletivo comum, a estabilidade do macro estado (espécie), de modo que os comportamentos individuais dos

elementos (variabilidade) são testados e selecionados a medida que as interações evoluem, até que o macro estado se equilibre. Deriva daí que a estratégia natural para uma adequada convivência no jogo das relações interpessoais é o princípio da mútua coerção (yin) com mútuo consentimento (yang) (Hardin, 1968), pois os espécimes tem a capacidade de perceber os limites de sua liberdade perante os outros, ou seja, a manifestação da dependência do ‘eu’ do ‘nós’ (Betito & Almeida, 2001).

### **Cultura, Sociedade e Educação**

Estas interpretações complexas, porém simples, nos permitem entender a organização da Vida e perceber o que é prioritário neste jogo de interesses. A espécie, formada em alguns milhares de anos para se adaptar a um nicho (uma piscadela na história da evolução), é prioritária sobre seus espécimes. Ao contrário, apesar do espécime estar munido de um instinto que o motive a viver, quando a sobrevivência da espécie estiver em jogo o espécime pode cometer suicídio, principalmente quando induzido por fatores denso-dependentes (Christian, 1963; Eibl-Eibesfeldt, 1974). O espécime é descartável, a espécie não (ela pode ser extinta, porém é um processo diferente). Este mecanismo ecológico de prevenção da explosão demográfica das espécies é auto regulado, passível de ser controlado por sistemas de retro-alimentação positiva (mais rara, yin) ou negativa (mais freqüente, yang). O mesmo acontece em outra escala, com o sexo masculino em relação ao feminino (Dawkins, 1979; Betito, 1984; 1999). Sabe-se também que quando a densidade populacional de uma espécie estiver abaixo de um valor crítico, ambos os sexos não irão manifestar interesse pela reprodução, extinguindo a espécie (Margalef, 1977; Odum, 1983).

Não deveríamos, portanto, explorar uma espécie até quase sua extinção e manter seus últimos remanescentes em zoológicos ou reservas ecológicas, a título de ‘preservar’ o que sobrou da espécie, como um subterfúgio ao remorso de nosso ego predador (para não dizer ‘avarento’), pois por mais que se faça nestas condições os espécimes, percebendo o que lhes aconteceu, não ficarão fisiologicamente aptos para a reprodução. O absurdo, no entanto, é que a tecnologia se preconiza como salvadora de todos os nossos problemas e, neste caso, com uma primorosa sofisticação, desenvolveu procedimentos de fecundação artificial, sem levar em consideração questões relacionadas a manutenção da variabilidade genética, adaptação ao ambiente artificial e, um dos fatores mais importantes para a Biologia, os padrões de seleção sexual. A técnica (informação) em si é neutra, é apenas conhecimento, seu benefício depende de como ela é usada. Uma faca, como a energia nuclear, a clonagem, as drogas, os transgênicos,... pode servir tanto para o bem (yin) como para o mal (yang), portanto, como bem cita Hardin (1968), a solução dos problemas humanos é de ordem moral e não técnica, via Educação.

Não basta ter a informação para ser sábio, é preciso saber agir como tal (Schenberg, 1991; Natvig, 1993). Infelizmente, como seres biológicos que somos, ‘saber os processos que levam ao câncer, não previne o oncologista de ter seu próprio câncer’. Em nossas sociedades a qualidade de vida de seus membros depende da filosofia e objetivos das descobertas de seus cientistas (Monod, 1971; Thuillier,

1984) onde a precisão e quantidade das informações são um elemento chave no alcance do objetivo. A Ecologia como ciência busca o conhecimento, compreender os ciclos da Natureza em benefício da sobrevivência da Humanidade, interagir com ela sem prejudicá-la, o que exige que se o faça com Sabedoria (Lorenz, 1988; Hoefel, 1996), através de uma adequada Educação Ambiental (Bressan, 1994; Betito, 2000), aproveitando os mecanismos de reciclagem biogeoquímicos (Dorst, 1973; Margalef, 1977; Odum, 1983, 1988; Lovelock, 1988; Lubchenco *et al.*, 1991; Sachs, 1994, 1995; Branco, 1995).

Esta parece ser a essência da discussão em [www.ishmael.org](http://www.ishmael.org), onde a civilização, primordialmente biológica (yin), porém estruturada por instituições econômicas (yang) é colocada em cheque. Seremos capazes de delegar para as futuras gerações as sociedades que desejamos construir com qualidade ou usaremos a estratégia do ‘*lassie faire*’ (mais cômoda)? E devemos seguir qual modelo, o:

- atual, competitivo (yin), capitalista, tecnológico, que alimenta o jogo dos interesses egoístas, corrupto, mantido pelo poder de mando das chefias, fomentado por medo e insegurança, extrativista, psíquico e ecologicamente degenerativo, gerador de poluição e desequilíbrio climático, com contaminação múltipla sinérgica em detrimento da saúde, imperialista, paternal, territorial, guerreiro, densamente povoado, com injustiças sociais disseminadas pela discriminação, impessoalidade, pobreza, fome e ignorância, ou
- cooperativo (yang), baseado na organização estrutural e funcional de circos ou tribos, semelhantes aos kibutz implantados em Israel, movido por liderança e confiança, produtivos, seguros, psíquico e ecologicamente motivador, sem poluição ou contaminantes de qualquer tipo, com consumo de energias verdes, sem estratos sociais, com pessoas conscientes e responsáveis, atenciosas e educadas, tomando decisões em benefício do coletivo e não de um indivíduo ou grupo em particular, maternal, pacíficos, sadios, humanos e interdependentes, com elevada qualidade de vida e alegres.

As duas estratégias são importantes, porém deve-se salientar que competir (yin) não é o mesmo que concorrer (yang). Pela análise fria da Teoria dos Jogos, competir implica que o perdedor seja eliminado, pois segue a filosofia mais primitiva da lei do mais forte. A Biologia é exímia em demonstrar que nem sempre o mais forte (yin) vence, muitas vezes é o mais inteligente (yang), principalmente nas lutas por seleção sexual. Concorrer, por sua vez, implica que os participantes encontrem estratégias adequadas de vencer os concorrentes, porém sem matá-los. A divisória sutil que separa uma estratégia da outra é uma função denso-dependente. Assim, em um certo ambiente com várias pessoas, concorreremos pelo mesmo ar e não competimos por ele, ninguém mata seu vizinho para consumir o ar dele, a não ser que, em casos extremos, o ambiente seja fechado com pouco ar e a densidade populacional nele seja alta.

Sabe-se que várias doenças ‘modernas’, de fundo psicossomático, podem ser curadas melhorando a qualidade do entorno em que o indivíduo vive pelo simples fato de recuperar as exigências do sistema imunológico, muitas das quais estão baseadas na satisfação elementar das 5 necessidades de Glasser (1998), evitando a instauração da impessoalidade. É o que as equipes de ‘doutores do riso’ se propõem a fazer em unidades intensivas de hospitais: alterar drasticamente a condição ambiental para a melhoria da qualidade de vida, com tratamentos personalizados! Este é um papel típico maternal, melhor, duplamente

maternal, pois as avós tem por característica induzir seus netos a fazer o que elas desejam, com prazer, educando-os, quando outros não o conseguem. Será que não podemos utilizar as mesmas estratégias para melhorar nossas condições de vida nas sociedades?

A sobreposição de gerações, onde se ressalta a figura dos avós, representa um significativo aumento na complexidade da estrutura das sociedades, pois até onde se sabe, apenas os seres humanos, alguns mamíferos marinhos e os elefantes apresentam esta condição. Dawkins (1979) habilmente questiona: qual é a vantagem para estas sociedades em manter uma fêmea viva que já deixou de ser reprodutiva? Certamente seu papel não é mais o de procriar, mas sua presença aumenta a probabilidade de sobrevivência de seus descendentes (faz diferença positiva na vida deles) e incrementa a complexidade das relações intra/inter familiares (yin/yang), estabelecendo vínculos de interdependência entre os membros da manada (desde que ela se mantenha em baixa densidade populacional), os quais são capazes de reconhecimento individual e por conseguinte, de relações personalizadas (Eibl-Eibesfeldt, 1974).

Os tratamentos impessoais parecem ser a norma vigente nas relações humanas das sociedades modernas, responsáveis não apenas pela ineficácia da pedagogia em tentar reverter este quadro como pelo amplo sentimento de desesperança e solidão, que levam muitos de nós às drogas, dentre outros desvios de comportamento (Glasser, 1998). Este é um efeito sócio-comportamental denso-dependente, modificando a formação dos grupos individualizados, onde ocorre atração social e reconhecimento individual, de organização mais complexa, estruturada na ordenação hierárquica de seus membros, para grupos anônimos fechados. Nestes, seus membros não se reconhecem individualmente, porém identificam se o parceiro pertence ou não ao seu grupo por meio de estímulos sinais característicos, tolerando, em geral, somente membros do seu grupo (Eibl-Eibesfeldt, 1974). Este é o princípio da formação de gangues ou quadrilhas (no caso humano), de cardumes, bandos e colméias (no caso animal), grupos que são mantidos internamente por forças de coesão (yang) (Axelrod, 1984) mas regidos externamente por interesses separatistas, competitivos (yin). Nas comunidades humanas, atingindo-se uma determinada densidade demográfica, onde os membros não se reconhecem mais individualmente, em não havendo dissolução do grupo, formam-se então os grupos anônimos fechados, geradores do egoísmo competitivo (Lorenz, 1988), impessoalidade das ações e indiferença à condição do seu semelhante, descambando com a qualidade de vida, individual (yin) e social (yang) (Chapple, 1972; Morris, 1982).

No caso das drogas, conforme o grau de conhecimento dos pais, eles podem assumir dois tipos de estratégias quanto à educação de seus filhos, com repercussões diferentes em suas qualidades de vida:

- prevenir (yin) para evitar que aconteça qualquer tipo de vício, de dependência, doença. É a estratégia mais estável a longo prazo, exigindo um elevado custo energético inicial aplicado a um objetivo (a educação), reduzindo a entropia dos sistemas, tanto do espécime como da espécie (sociedade), ou
- deixar os acontecimentos se sucederem por conta da sorte (aleatoriedade) e depois corrigir, remediar (yang), em geral com custos morais, emocionais e financeiros (energéticos) bem maiores que a estratégia anterior (Zipf, 1949).

O mesmo se aplica à poluição e as alterações climáticas globais geradas pelo excesso de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o efeito estufa, provocado pela queima de combustíveis fósseis pela atual superpopulação humana na Terra, algo que nunca antes ocorreu nesta magnitude. A natureza levou milhões de anos para depositar o carbono em seu sítio de depósito (yin, passivo) e nós, com a exploração de carvão e petróleo, imprudentemente, o recolocamos na atmosfera, em seu sítio de ciclagem (yang, ativo), em menos de um século de atividade industrial, com conseqüências imprevisíveis não apenas para nossa sobrevivência mas para com todas as formas de vida deste planeta (Dorst, 1973; Odum, 1983). E ainda nos perguntamos se não vivemos num mundo repleto de falsas consciências! Elas nos levam a incoerências, pois obscurecem a capacidade de determinar quais são as prioridades, o que é essencial, na organização do sistema.

Sem a vida humana não há mercado financeiro a sustentar! Preservar a Vida é mais importante do que manter nossas negociatas funcionando! Muitos negócios, para o enriquecimento ilícito de poucos (via lei do mínimo esforço, competição e tragédia do bem comum) (Betito & Almeida, 2001), baseiam-se no extermínio da vida (a lista é incomensuravelmente longa). Para a satisfação dos gerentes/administradores cometemos até um erro de linguagem, onde chamamos de, por exemplo, ‘produção’ pesqueira de uma frota uma atividade que em síntese não produziu nada, apenas extraiu vida do mar, num ato predatório, com elevado desperdício (descarte, entropia), sem que tenha havido qualquer tipo de investimento na biomassa capturada. É a consagração do ditado: o que vem fácil, vai fácil. Isto é o oposto da finalidade da aqüicultura, onde a eficiência/rendimento do processo se mede pelo comprometimento do homem dedicado ao cultivo, influenciando a qualidade do produto (Betito, 1999).

Um dos maiores absurdos, no entanto, gerado pela ausência generalizada de capacidade de auto crítica da população (Betito, 2000), é o fato de que acabamos socialmente homenageando com o prêmio Nobel aqueles que contribuíram com a desordem do sistema e a degeneração da qualidade de vida, infringindo sofrimento, discriminação e miséria a muitos, como é o caso do próprio Nobel, inventor da TNT (tri-nitro-glicerina) e do criador do DDT que, apesar de sua aplicação ser proibida já faz algum tempo, contamina até hoje todo o planeta (Dorst, 1973).

### **Informação, Evolução, Comportamento e Entropia**

Quanto mais se sabe sobre a complexidade de um sistema mais se sabe sobre as conseqüências possíveis de certas escolhas. Isto ocorre porque a obtenção destas informações diminui a ignorância sobre o sistema, de modo que se adquire com certa margem de segurança maior capacidade de previsibilidade. Quanto menos informações se tiver sobre um sistema, maior será a ignorância sobre ele e a imprevisibilidade predomina. A ontogenia (do nascimento a morte de um ser vivo), resultante das ações entre o catabolismo (yin, processo de degradação) e o anabolismo (yang, processo de síntese), incorpora nas diferentes fases de crescimento (patamares de organização) esta dualidade:

- Filhotes e crianças são inocentes, potencialmente querem aprender de tudo porque sabem pouco sobre o sistema no qual estão inseridos. Estão preparados pela evolução a concretizar esta tarefa pois estão dotados, inicialmente, de grande montante de energia (anabolismo > catabolismo), apesar de muita dela ser desperdiçada (elevada entropia). Este desperdício representa a energia livre (instabilidade) que a criança precisa dispor para se divertir, pois é assim que ela aprende (Glasser, 1998; Almeida & Betito, 2002). Vivem mais as questões do presente, considerando o ambiente como se mantendo estável na curta janela de tempo que conhecem. Isto lhes dá a condição de imaturidade (falta de capacidade de medir as conseqüências de suas ações), pois devem aprender a aplicar sua energia disponível com mais controle, responsabilidade, sabedoria, economizando para situações mais desfavoráveis, prevenindo-se (questões do futuro, preparando-se para uma possível alteração da estabilidade do ambiente numa escala maior de tempo) (Atlan, 1972; Margalef, 1997). Para o processo de aprendizado é fundamental a capacidade de memória (função emergente da complexidade de relações) de curto (yin) e longo (yang) prazo, cujo controle é do cerebelo, adaptação evolutiva que tornou o cérebro mais complexo, produtivo e eficiente. Nos filhotes e crianças a memória de longo prazo ainda não se formou, de modo que o que importa é a repetição das ações para fixar o aprendizado associado a memória de curto prazo.
- Adultos são mais estáveis que a fase anterior, pois pararam de crescer (anabolismo = catabolismo) e controlam mais o desperdício fisiológico de energia. Aplicam-na com mais eficiência na execução das outras funções hierarquizadas, uma vez estabelecidas as prioridades (Allen & Starr, 1982), como a reprodução e a sobrevivência, regidas pela dicotomia razão (yin, linear) e emoção (yang, não linear), diminuindo a entropia, o que lhes incute a noção de ‘ser responsável’. O poder de previsibilidade sobre o sistema aumenta à medida que informações são obtidas por observações e experiências, registradas e associadas nas memórias de curto e longo prazo (cognição), permitindo que alcancem a maturidade. A semelhança de outros sistemas abertos, a evolução do indivíduo depende das perturbações que ele sofre em sua trajetória dinâmica. Para manter sua estabilidade frente a estas perturbações ele apresenta duas características: a resistência (yin), que mede o quanto ele não se deixa ser afetado pela ação perturbadora e a resiliência (yang), que mede sua capacidade de recuperação após ter sofrido a perturbação. Devido a variabilidade genética, as pessoas podem ser mais resilientes a certos fatores e menos a outros, o que aumenta de sobremaneira a complexidade nas relações interpessoais. As limitações de ação que cada um tem frente as possibilidades que o pool genético permite definem o que se chama de ‘meu problema é...’, como sendo o reconhecimento da ação que não se é capaz de fazer com eficiência. Assim, a trajetória de vida individual é orientada por este conjunto de limitações (yin) e aptidões (yang), determinando que o que é certo para um pode não o ser para outro. Tomar ciência disto é o primeiro passo para a solução ou ficar menos traumatizado pelos efeitos das limitações.
- Velhos são os que as ações do catabolismo superam a do anabolismo e a memória de curto prazo perde significado em relação à de longo prazo (as lembranças do passado são mais importantes do que as perspectivas do futuro), mantendo o indivíduo num novo patamar de estabilidade (teoria do policlimax)

pois é maduro, porém novamente sofre desperdício progressivo de energia, aumentando a entropia até que ela o consuma, o significado da morte. É lamentável notar que muitos idosos, tidos como ‘responsáveis e produtivos’ em nossas sociedades, descobrem que o vinham fazendo carecia completamente de significado, tinham entrado na roda viva do sistema, executando o que se lhes tinha determinado de competência, sem terem a consciência do que realmente queriam, ou pelo menos do que suas próprias biológicas requisitavam. Na maioria das vezes, após um grave choque emocional, é que estas pessoas acordam para o real valor da Vida (Adler, 1955; Monod, 1971; Chapple, 1972; Diskin *et al.*, 1998; Lorenz, 1988; Martinelli, 1999). Frequentemente é nesta fase que, após muito aprendizado sofrido acumulado (em geral por tentativa e erro), se manifesta um dos comportamentos mais difíceis de aprender no jogo da vida (Maynard Smith, 1982; Sigmund, 1993), o perdão, pois só com ele é que podemos romper com as angústias do passado e vislumbrar o que nos resta de futuro, passível de ser desfrutado com uma melhor qualidade de vida, pelo menos psicológica. A falta desta conscientização afeta a expectativa de vida por ação do estresse, que no caso tende a ser curta. Ao contrário, se a vida do sujeito foi próspera, conforme seus desejos, convicções e planejamentos, a tendência é de vida longa e só lhe resta reconhecer sua situação e humildemente agradecer.

Educar, então, apesar de ser um evento psíquico abstrato, sem consistência física que possa ser analisada/mensurada por um etnólogo/antropólogo do futuro, talvez seja um processo virtual emergente resultante da complexidade de relações entre humanos, que segue as mesmas leis da termodinâmica (entropia, estabilidade, qualidade, lei do mínimo esforço,...) do ambiente físico (material/mensurável), onde conscientização é um processo individual (yin) ativo de aprendizagem (na tentativa de eliminar a ignorância detectada) ortogonal a educação, de efeito coletivo (yang) (Betito & Almeida, 2001). Este fenômeno segue, do mesmo modo que as ‘redes sem escala’ e vários outros sistemas dinâmicos auto-organizados (Frontier, 1987; Gell-Mann, 1994; Bak & Paczuski, 1995; Sneppen *et al.*, 1995; Bak, 1997; Margalef, 1997; Briggs & Peat, 1999), as regras dos fractais e das leis de potência, como a lei de Zipf (1949).

Qual é a razão, portanto, do sistema se manifestar deste modo, por dualidades?

Se um evento ocorre, uma mensagem deve ser transmitida para relatar a ocorrência a um receptor. A medida da quantidade de informação proposta por Shannon & Weaver (1949) depende da probabilidade de ocorrência de cada mensagem possível e não do número de mensagens transmitidas. A quantidade de informação ( $h$ ) contida na mensagem é uma relação (em logaritmo) entre a probabilidade  $q$  da mensagem estar correta após ela ser recebida no receptor e a probabilidade  $p$  antes da mensagem ser recebida pelo receptor. Se a transmissão da ocorrência é sem ruído, o receptor tem certeza que a mensagem recebida está correta e  $q = 1$ , e a informação recebida  $h$  torna-se inversamente proporcional a probabilidade  $p$ , ou

$$\text{seja: } h = \log_2 \frac{1}{p} = -\log_2 p$$

Se  $p = 1$ , quando se sabe exatamente o que será transmitido, a quantidade de informação recebida é nula ( $h = 0$ ). A quantidade de informação ( $h$ ), portanto, aumenta quando a probabilidade  $p$  de uma mensagem ocorrer tender a zero, ou seja, quando não se sabe nada sobre o que será recebido.

Para que uma unidade de informação ( $h = 1$ ) seja transmitida  $p$  deve valer  $1/2$ , pois  $h = \log_2 2 = 1$ , o que significa que os representantes do yin e do yang são equiprováveis mas não iguais (Atlan, 1992). É esta condição que diferencia os sistemas aleatórios dos auto-organizados (Monod, 1971; Bak & Paczuski, 1995; Bak, 1997). As assimetrias existentes entre eles em cada variável é que produzem o desejo, a motivação para, uma vez reconhecida a alternativa complementar (yin ou yang), investigar o outro domínio em busca do equilíbrio, à semelhança do processo que origina as bifurcações na teoria das catástrofes (Arnold, 1989). Sistemas auto organizados tem uma finalidade a cumprir, dirigida por esta motivação, enquanto que os aleatórios mantêm apenas a equiprobabilidade do acontecimento dos fatos. Mecanismos de controle entram em ação nas interações aleatórias entre as variáveis promovendo uma seleção das relações melhor sucedidas, de modo a estabelecer uma estratégia que, a longo prazo se mantenha estável (Maynard Smith, 1982). Ou seja, a complexidade progride a medida que o sistema testa no seu presente o maior número possível de interações aleatórias entre variáveis (caos), seleciona em sua trajetória as mais eficientes do ponto de vista da termodinâmica evidenciando as estratégias estáveis (seleção natural) e se organiza (ordem, no futuro) em base a elas. A questão é que quando o sistema chega neste futuro, será então seu presente, e a condição ortogonal entre tempo x espaço e caos x ordem mantêm o fluxo de continuidade, aprimorando progressivamente o sistema (evolução).

Estes procedimentos também ocorrem entre instinto x aprendizagem e razão x emoção. Uma doença ou patologia poderia ser definido como a falta de capacidade dos sistemas encontrar o sutil equilíbrio entre as forças yin e yang que os controlam. Do mesmo modo, a diferença entre a loucura e a genialidade deve-se ao efeito do ambiente sobre o indivíduo (Arnold, 1989). Devemos contudo, interpretar esta catástrofe por duas vias: tanto o ambiente cria dualidades no indivíduo como este também tem o poder de modificar o ambiente (Bak, 1997), num processo de interdependência mútua, porém só há um caminho para se atingir uma boa Qualidade de Vida. É por isto que, do ponto de vista da psicologia, é fundamental que o indivíduo saiba diferenciar seus sentimentos (não lineares) de sua racionalidade (lógica linear), determinar suas prioridades, desenvolver seu auto conhecimento, pois só assim ele será capaz de definir o que ele quer e assumir, com responsabilidade, as escolhas que irá tomar para ter o controle de sua vida (Almeida, 1999). Esta talvez, seja a missão atual mais importante dos docentes.

Este processo de geração da complexidade nos coloca muitas vezes em situações inusitadas e no mínimo, cômicas: quantos não se pegaram fazendo o que era de mais importante em suas vidas no exato momento em que estavam mais desequilibrados emocionalmente? ou tendo as maiores alegrias de suas vidas nos momentos de maior dor? Os artistas, com suas obras fascinantes, transmitem por instinto aquilo que a ciência pôde ter levado séculos para interpretar. Um exemplo típico é o caso da música Tô, de Tom Zé, onde em alguns trechos cita: “Tô dividindo prá poder sobrar, Desperdiçando prá poder faltar, Eu tô te



explicando prá te confundir, Eu tô te confundindo prá te esclarecer, Olho fechado prá te ver melhor, Com alegria prá poder chorar,...”. É simplesmente genial!

### **O caminho singular de um, o trajeto estratégico de muitos**

Em minha experiência profissional, a complexidade enveredou por este caminho, integrando os conhecimentos que adquiri como oceanólogo ao estudar Biologia, Física, Química e Geologia. Em especial, na área biológica dediquei-me a Ecologia, Anatomia e Fisiologia Animal Comparada, Evolução e Etologia (comportamento animal). A interação destas ciências me permitiu comparar as estratégias das dinâmicas populacionais de dois peixes (*Jenynsia lineata*, vivípara e *Poecilia vivipara*, ovovivípara) do estuário da Lagoa dos Patos (RS – Brasil), evidenciando o conflito de interesses entre os indivíduos e as respectivas espécies (Betito, 1984; 1999). Os indivíduos, de ambos os sexos, foram pesquisados quanto à anatomia, alimentação, reprodução, características e anomalias morfológicas e suas relações com os fatores ambientais abióticos no tempo e no espaço. Das populações estudou-se a estrutura e a dinâmica, salientando as taxas de crescimento, mortalidade e a influencia das estratégias reprodutivas no processo, modelando-as. Faltava contudo estabelecer a importância de ambas as espécies numa escala maior, em termos de comunidade do estuário, de modo que foi desenvolvido um modelo (ECOPATH) de relações tróficas entre 24 grupos para caracterizar como o fluxo de energia transita entre os produtores primários e os consumidores de topo nesta área por um ano, evidenciando como as duas espécies se encaixam na organização geral deste ecossistema (Betito & Castro, 1995) e quais suas equivalências com ecossistemas semelhantes. Usando a mesma metodologia aplicada no estudo desta comunidade, determinando a dimensão fractal da organização trófica neste estuário, a pesquisa atual tem por objetivo comparar os atributos termodinâmicos de todos os ecossistemas aquáticos do planeta e perceber como eles interagem e se equilibram uns com os outros, uma visão abrangente e holística sobre o macro sistema que permite um planejamento de longo prazo de como os seres humanos devem agir para alcançar sua sustentabilidade<sup>3</sup>.

Feibleman (1954) já tinha deduzido que ocorrem fenômenos de compensação quando são provocados desequilíbrios entre os níveis *indivíduo - população - comunidade*, ao enunciar sua teoria dos níveis integrantes. Ele teve, empiricamente, a percepção da existência de um processo auto-organizador espontâneo entre todos os níveis, que mantinha o conjunto na maior estabilidade dinâmica provável. Para isto, ocorre um princípio contínuo de ação-reação, com as defasagens ('time delays') inerentes ao âmbito biológico (Odum, 1988), onde a *competência reprodutiva* e as *relações tróficas* agem como os elos principais de ligação entre as funções vitais de sobrevivência (yin) e as pressões interespecíficas (yang), adaptando cada indivíduo a sua respectiva população, cada população a sua respectiva comunidade e cada comunidade ao seu ecossistema. Este encadeamento entre diferentes escalas de ação promove forças de controle ortogonais que agem tanto num mesmo nível (horizontal, yin) como entre níveis (vertical, yang). As forças abióticas, regidas pelas

<sup>3</sup> Título do projeto de pós doutorado "Criticalidade auto-organizada em ecossistemas aquáticos: uma análise mundial via ECOPATH".

leis geofísicas, determinam a rota evolutiva singular da biota em cada ecossistema em busca da maior estabilidade em todos os níveis desta complexidade (Margalef, 1977).

### **A Vida: a Bio-Ecologia e a Educação Ambiental**

Vida, apesar do já exposto, é algo que ainda não se sabe definir. Com todo o montante de informação gerada pelo Homem, desde os primórdios em que ele percebeu que era homem, adquirindo consciência do seu 'eu' (cognição), observando, analisando e experimentando a Natureza, ainda somos incapazes de determinar como a Vida se originou (início, passado), quais caminhos ela poderia ter rumado – além deste que trilhamos (meio, presente) – e qual seu objetivo final (fim, futuro). Tamanha é a ignorância sobre o que induz 'o sopro da vida' que nossa cultura teve que engendrar um paradoxo, arquitetar um esquema complexo e sofisticado que atribuísse tal feito a um ser extra corpóreo, imaterial, espiritual, onipotente e onipresente (Morris, 1982), criando uma armadilha para nós mesmos, pois é impossível (pelo menos até o momento) provar sua existência.

Infer-se que Vida é orgânica, animada, uma interação entre matéria (forma) e processo (função), que segue as leis da termodinâmica. Pelas hipóteses de Oparim e outras (Odum, 1983) ela supostamente proveio de certas condições ambientais que propiciaram o aumento da complexidade nas reações entre compostos inorgânicos, cada qual inerte em si, porém contribuindo com suas propriedades com a sinergia do sistema (Margalef, 1977), num evento que hoje reconhecemos como auto-organizado (Bak, 1997).

Para a origem da Vida como a conhecemos foram determinantes os seguintes fatores:

- A radiação de um sol anão amarelo sobre um planeta cuja órbita estável estava a uma determinada distância apropriada para estabelecer uma amplitude de variação de luz e temperatura, distribuída pelas latitudes do planeta, conforme sua forma aproximadamente esférica;
- A composição da matéria do planeta originada de seu sol e o esfriamento progressivo no espaço (dissipação de calor) até a formação de uma crosta envolvente;
- As propriedades físico-químicas desta matéria associada às características dos movimentos de rotação e translação do planeta determinaram a amplitude de variação de sua gravidade e do campo magnético envolvente;
- O aumento do volume de água acumulada como parte da resultante das reações inorgânicas que estavam ocorrendo, formando, segundo a geomorfologia dos continentes primitivos, os primórdios dos oceanos (líquido), geleiras (sólido) e atmosfera (gasoso);
- As velocidades dos movimentos de rotação e translação do planeta infringiram um ritmo às massas fluídicas (efeito de Coriolis) que permitiu a redistribuição dos elementos na sub/superfície da crosta, através de mecanismos de erosão, células de advecção e lixiviação, conforme o ciclo de evaporação e precipitação latitudinal (Margalef, 1977);

- A tendência ao equilíbrio dinâmico estável entre os sítios de depósito e de ciclagem nos ciclos biogeoquímicos (Odum, 1983), com a substituição progressiva na atmosfera de gases tóxicos (amônio e sulfurosos) pelo oxigênio, nitrogênio e gás carbônico;
- Estabelecimento de um sistema de filtragem e proteção da superfície terrestre por intermédio das nuvens contra as radiações IV (infravermelha, térmica) e UV (ultravioleta, bactericida), conforme a composição da luz solar, permitindo a organização e evolução da matéria orgânica, em sistemas de quimiossíntese ou fotossíntese (envolvendo estratégias C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>);
- Eventual união de moléculas com funções diferenciadas: 1) as energéticas (proteínas) responsáveis pela manutenção do metabolismo (anabolismo e catabolismo), de ação constante; 2) as de replicação (ácidos nucléicos), que requerem eficiência em sua legibilidade e estabilidade do sistema para transmissão de informações vitais, viabilizaram a reprodução, de ação periódica. Tal hipótese é conhecida atualmente como da origem dupla da vida (Dyson, 1988). Os eventos subseqüentes, como a formação de células (Procariontes e Eucariontes), a dualidade clorofila (transformação da energia luminosa em energia química) vs carotenóides (para a célula controlar seu potencial redox e sobreviver no período noturno), autotrofia vs heterotrofia, herbívoro vs carnívoro, parasitismo vs simbiose, competição vs cooperação, protostômios vs deuterostômios, reprodução assexuada vs sexuada, monóicos vs dióicos, gametas pequenos vs grandes, desenvolvimento embrionário indireto vs direto, eco-fisiologia e comportamentos diurnos vs noturnos, monogamia vs poligamia são meras adaptações estratégicas yin/yang (equilíbrio de Nash da Teoria dos Jogos, Maynard Smith, 1982) que os organismos tiveram que produzir para adequar-se ao ritmo das perturbações que seus ambientes de sobrevivência sofriram (estabilidade do sistema) estudadas na evolução pela filogenia (comparações entre Filos).

Em paleontologia há um ditado interessante: a ontogenia (yin) repete a filogenia (yang), pois se observarmos um embrião humano em desenvolvimento ele apresentará brânquias e cauda, demonstrando que ambos processos estão inerentemente imbricados, recontando toda a história evolutiva passada da espécie em cada ser vivo gerado no presente. A evolução se manifesta por estes mecanismos, resultando num ciclo dinâmico auto-organizado, com períodos de intensa produção de biodiversidade entremeados com períodos de extinção em massa, num equilíbrio dito pontuado (Bak & Paczuski, 1995; Sneppen *et al.*, 1995). Os acontecimentos acima são apenas uma seqüência possível das que poderiam ter ocorrido com este conjunto de variáveis e suas interações com o tempo geológico e o espaço. Elas geraram um microcosmo individualizado, que nasceu, está em desenvolvimento e sucumbirá, num processo hoje conhecido por visão planetária GAIA (Lovelock, 1988). Qualquer modificação, por mínima que fosse, em qualquer uma das variáveis, levaria a necessidade das adaptações de sobrevivência para um outro rumo, completamente diferente e, infelizmente para nós, totalmente desconhecido.

Não é de se admirar que foi preciso cerca de 6000 anos de cultura escrita acumulada para adquirir e interpretar este somatório de conhecimentos frente a pequenez da janela de tempo que cada um de nós tem para a observação e análise da Natureza. Entendeu-se, assim, a ampla gama complexa de interações

interdependentes bióticas/abióticas possíveis, que agem em vários níveis de integração (Feibleman, 1954) e que, atualmente, constituem a base das análises multifractal dos ecossistemas (Frontier, 1987; Gell-Mann, 1994; Bak, 1997; Briggs & Peat, 1999). Segundo os conceitos de Hairston *et al.* (1970) envolvendo a análise da entropia em ambientes com diferentes tempos geológicos de evolução e classificados conforme as estratégias de seleção ‘b’ (yin) e ‘d’ (yang), pode-se resumir estas possibilidades no seguinte quadro:

Zona tropical	Zona temperada ‘b’	Zona polar ‘d’
alta diversidade	menor diversidade	baixa diversidade
antigo em tempo geológico (centros de origem - Mar de Tethys)	variações sazonais, eficiência conforme o sincronismo ecológico	ambiente jovem, unidos pelas correntes frias de fundo oceânico (bipolaridade).
ambiente maduro, estável, de baixa entropia com aproveitamento máximo da energia (monoclimax)	ambiente instável com policlimax, de alta entropia (muita energia livre disponível para exportação)	ambiente estável, de baixa entropia, porém imaturo
a temperatura elevada e constante favorece especiação e ocupação de nichos, acelera o metabolismo ( $Q_{10}$ )	espécies de seleção ‘r’ (yin) (Odum, 1983) testam simultaneamente várias estratégias de sobrevivência/reprodução	condições adversas com temperatura baixa e constante, favorece espécies de seleção ‘K’ (yang), muitos nichos vagos
alta competição interspp e reduzida competição intraspp	condição intermediária	baixa competição interspp e elevada competição intraspp
crescimento rápido	crescimento sazonal	crescimento lento
expectativa de vida curta	expectativa de vida variável	expectativa de vida longa
reprodução contínua, desovas parciais	reprodução sazonal com picos de intensidade adaptativos	reprodução sincronizada com uma dada época, desovas totais
rede trófica complexa, constância de alimento	rede trófica alternante e adaptativa conforme as espécies presentes em cada época do ano	redes tróficas simples, disponibilidade do alimento em picos de ocorrência

Esta complexidade mundial auto-organizada em função das adaptações térmicas e latitudinais dos pecilotérmicos já tinha sido evidenciada pela lei empírica de Bergman, associada aos efeitos metabólicos ( $Q_{10}$ ) da lei de Vant’Hoff e da regra de Jordan (Margalef, 1977). Esta variabilidade de situações ecológicas define a plasticidade de resposta dos organismos às condições micro geográficas onde vivem (Odum, 1983; Dawkins, 1998). Estes também são os fatores determinantes do sincronismo ecológico (Betito 1984; 1999), onde as redes tróficas e as atividades de reprodução se auto-organizam no tempo e no espaço, regidas pelo ciclo da luz (Cronobiologia) (Almeida *et al.*, 2002).

A plasticidade se manifesta em outras características emergentes da complexidade. O cérebro de uma criança, por exemplo, está potencialmente preparado pela genética para aprender qualquer linguagem (sistema auto organizado), porém a(s) língua(s) que irá concretamente aprender dependerá mais do meio onde ela está se desenvolvendo, aumentando sua eficiência de comunicação nas relações interpessoais. Apesar disto, ao longo de sua vida, principalmente ao que concerne ao processo de seleção sexual, a linguagem não verbal (yin), organizada por sua genética, será a predominante sobre a verbal (yang) (Chapple, 1972; Eibl-Eibesfeldt, 1974). As linguagens conhecidas, faladas ou escritas, mortas ou atuais, tiveram um curto período de atuação, o que gera para a Ecologia hoje um dilema: qual a linguagem que

devemos usar para informar as gerações futuras sobre um local contaminado por resíduos nucleares (como em Goiana, Chernobyl), se a meia vida deles, em geral, ultrapassa meio milhão de anos?

Se explicar Vida é complicado, muito mais o é então ao se tratar da Morte. Morte é a observação do inanimado (dependendo da escala de tempo), algo sem vida, inerte, perene. Na metáfora GAIA todo o Universo seria um único organismo seguindo as mesmas leis físicas (termodinâmica) em toda a amplitude de escalas espaço/temporais possíveis (interação multifractal), desde os microcosmos aos macrocosmos, e portanto vivo (processual), com nascimento, crescimento (evolução) e morte (renovação?), a qual, no caso do universo, ainda não sabemos o que é por ainda não ter acontecido. Estrelas nascem e formam sistemas solares e galáxias que são engolidas por buracos negros, em processos contínuos de reciclagem de energia, como na vida terrestre. A vida se alimenta da morte e a morte se alimenta da vida (Atlan, 1972; 1992), em sucessivas ações de decomposição (yin) e regeneração (yang). Do ponto de vista informacional, a morte seria a perda da capacidade do holo (um dos possíveis macrocosmos) de adquirir e processar informações. O que ainda não sabemos é se o sopro da vida orgânica como a conhecemos é o mesmo daquele que mantém o Universo em ação. Se assim for, a morte seria apenas um estágio da vida, uma forma de renovação, cujos mecanismos ainda não temos conhecimento suficiente para interpreta-lo, e a morte como a dizemos não passaria de uma ilusão.

### **As falsas consciências: a vida em ilusão**

Podemos, pior, estar sofrendo de uma percepção geral totalmente errônea da realidade: os órgãos sensoriais de cada espécie evoluíram para captar um conjunto específico de informações do ambiente (com uma certa capacidade de resolução), determinantes de seus comportamentos de sobrevivência e aprendizagem, e não o maior número possível de informações, como muitos (antropocêntricos) acham que a 'evolução' deve funcionar. Assim, nossa audição capta uma faixa restrita de frequências, diferente dos golfinhos, morcegos, elefantes e cães, cada qual com suas necessidades próprias nos ambientes devidos. Outros animais podem possuir órgãos que nós não temos ou nunca tivemos ao longo de nossa linhagem evolutiva. Insetos, por exemplo, orientam-se pela luz polarizada do céu e sua locomoção é controlada pela luz ultra violeta (UV). As cobras detectam o infra vermelho (IV) para predar. Peixes podem se orientar e comunicar por campos eletromagnéticos e até emitir choques elétricos, como o poraquê, além de sentirem as ondas de pressão da água. Pombos e tubarões migram orientados pelo campo magnético terrestre, tartarugas e aves migram por navegação estelar, elefantes e hipopótamos se comunicam por infra som,... Cada órgão, em cada espécie, no entanto, possui limitações. No caso humano, tais restrições são de ordem neurológica, sociológica e/ou individuais (Almeida, 1999).

Do ponto de vista da complexidade da neurologia são as pequenas imperfeições, ou melhor, as sutis assimetrias existentes entre os órgãos sensoriais pares que definem a capacidade de resolução destes órgãos e permitem a captação de situações ambientais não antes possíveis, configurando o processo de

adaptação, evolução, obtenção de mais informações relevantes à sobrevivência (Sigmund, 1993; Briggs & Peat, 1999). A distância entre os olhos ou os ouvidos dá a possibilidade de detectar a localização espacial da fonte, a cadência do ritmo, o foco e a visão tri-dimensional (semelhante a outros predadores – felinos, corujas) como sendo uma informação conjunta, não fragmentada. O crânio dos golfinhos teve que tornar-se assimétrico para que pudessem desenvolver seu bio-sonar, percebendo seu ambiente (de curta e longa distância) pelo som, mais eficiente que a luz na água, apesar de terem boa visão. Ser destro (yin) ou canhoto (yang) gera padrões comportamentais dependentes desta coordenação cerebral, que pode ser de 3 tipos: tropotáxico, clinotáxico e telotáxico, evidenciando a evolução paralela entre os sistemas nervoso e sensorial (Eibl-Eibesfeldt, 1974). Cada sensação obtida, no entanto, não passa de uma ilusão criada pela mente com base nas interpretações deduzidas pelo cérebro nas percepções anteriores. Assim, para estímulos iguais, cérebros diferentes constroem percepções diferentes, o que confirma o dito popular que “a beleza está nos olhos de quem vê!”.

A própria noção de beleza, de corpos ou partes do corpo, é um paradoxo. Quanto mais simétrico mais belo, porém não pode ser absolutamente simétrico porque perde a graça, tem de ser ligeiramente assimétrico para gerar a harmonia do conjunto ao se comparar um lado com o outro. Uma assimetria um pouco mais acentuada, a harmonia se desvanece e a percepção comparativa de cada lado realça a fragmentação do todo (Sigmund, 1993).

Várias ações vitais são comandadas pelo sistema nervoso autônomo a fim de liberar o cérebro para tarefas mais imediatas, tornando-nos inconscientemente competentes, de modo que temos de nos esforçar para retornar ao modo conscientemente competentes para avaliar adequadamente nossas percepções. Nos damos conta que estamos respirando, por exemplo, somente quando se fala nela, como também não nos damos conta que estamos em constante movimento pela ação da rotação da Terra, ou que estamos sendo atravessados por ondas eletromagnéticas (poluição), a não ser que tenhamos estudado sobre o assunto. Pior, mesmo estudando certos assuntos, sem uma devida auto crítica, muitos ainda não percebem que todo ser vivo multicelular se origina de um buraco (blastóporo), do qual o corpo é formado com a mesma topologia que a fita de Moebius, sem ter um lado de dentro (yin) e um de fora (yang) que nos conecte ao ambiente (Thom, 1972). Somos o próprio ambiente! A arte de Escher exprime bem esta manifestação da vida! Se mais pessoas incorporassem este conhecimento será que aceitaríamos a poluição existente, gerada pelo próprio ser humano, com tamanha passividade, sem pesar (Hardin, 1968)?

Viver em ilusão pode não ser perigoso mas é, no mínimo, comprometedor. É o que acontece com a psique por exemplo, na ‘idade do lobo’ no homem ou por ocasião da gravidez/nascimento da criança primogênita numa mulher. Todos os acontecimentos até este momento (visão multifractal da realidade do indivíduo, yin) são questionados, reavaliados, fazendo-o perceber, nestas ocasiões críticas (criticalidade), que para cada caminho tomado haviam outras escolhas possíveis, diferentes daquelas pressentidas nas situações vivenciadas (as quais ele pensava estar preso a elas), que poderiam ter dado um rumo totalmente diferente na vida (construção de outra realidade possível, yang) com resultados que, apesar de

imprevisíveis, seriam certamente diferentes da situação em que ele se encontra no presente. É o momento da reflexão, da aquisição de novas percepções (informações), quase sempre em estado de inércia (economia de energia antes de assumir qualquer decisão), onde organizar o que se quer no futuro é, em primeiro, reconhecer o que se fez no passado. Afinal, a melhor maneira de prever o futuro é criá-lo! É assim que funciona o princípio da estratégia evolutiva estável (Maynard Smith, 1982), testando (yin) e continuamente re-testando (yang) as escolhas possíveis, conscientes ou não, em cada indivíduo de cada geração, num processo intermitente em busca da eficiência (Andrade, 2004). A formação de uma consciência coletiva de um sentido de ética e dos valores universais que todos os humanos desejam ter e aplicar é a resultante deste equilíbrio sutil entre as ações yin e yang (Diskin *et al.*, 1998; Martinelli, 1999). A vida, racional ou irracional, se resume nisto, aprender a fazer escolhas (o princípio do livre arbítrio) para obter qualidade (Almeida & Betito, 2002).

Perante a complexidade alguns grupos humanos procuraram fugir do conflito da dualidade e basearam suas ações em tríades, simplificando a variabilidade, pois orientaram pela terceira variável a direção que suas opções deveriam tomar no espaço multifractal de possibilidades. Assim são os casos da filosofia francesa baseada em liberdade, igualdade e fraternidade; do conceito religioso que acredita no Pai, no Filho e no Espírito Santo; no desejo geral da população ter paz, saúde e amor (as necessidades básicas de Glasser, 1998); na estrutura organizacional dos 3 poderes do estado, o executivo, legislativo e judiciário; no código de soldados baseado em honra, coragem e disciplina,... Algumas linhas esotéricas simulam suas atividades pela estrela de 5 pontas (variáveis prioritárias), enquanto que Israel tem em sua bandeira duas tríades entrelaçadas, a estrela de Davi, uma representação simplificadora dos 12 níveis da Árvore da Vida, segundo a Cabala. A simbologia, propriedade emergente da abstração, determina a força com que a realidade é representada, gerando um mapa mental, uma visão parcial da realidade, que não é o território (o todo, real, múltiplo) (Almeida, 1999).

Além disto, a atual mecânica quântica está reformulando os conceitos sobre as relações partícula e universo (micro/macro cosmo), matéria, gravidade, magnetismo, luz e energia (Gell-Mann, 1994; Kobelev, 2000a) com significativas mudanças de interpretação para a Biologia. Tudo o que se sabe pode tornar-se inválido, ou no mínimo, impreciso, se considerarmos a variável tempo, essencial para todos os sistemas dinâmicos, como fracionário e não inteiro (Kobelev, 2000b). O propósito de adquirir conhecimento está sendo cumprido: permitir que se possa enxergar além do que está se vendo, abrir os horizontes, penetrar na complexidade criadora e criativa!

Estudar Complexidade não é complicado. Complicado é quando não entendemos o propósito (estratégia) da complexidade. Quando a descobrimos (yin), estabelecendo a hierarquia e suas prioridades, a interconectividade e a interdependência de suas variáveis (informações), o mais complexo dos sistemas, por mais imbricados que sejam os seus mecanismos de controle, pode ser explicado de uma forma ingenuamente simples. Como em tudo na vida, enquanto permanecermos ignorantes sobre sua estratégia (yang), os sistemas mais simples exigirão sofisticadas e estapafúrdias manobras para serem entendidos

e/ou explicados. Somente uma adequada e prolífica Educação equilibra este dilema! Afinal, no complexo jogo das relações interpessoais, para alcançarmos a felicidade (individual) e a sobrevivência (coletiva), é necessário que cada um de nós, por todas as gerações, repita tanto o aprendizado do ‘voltar-se para si’ (yin) quanto do ‘voltar-se para o outro’ (yang), sem os quais não nos tornamos capazes de cultivar o respeito, o próprio e o mútuo, essencial a boa Qualidade de Vida (Almeida, 1999; Betito, 2000).

## BIBLIOGRAFIA

- ADLER, A., 1955. El sentido de la vida. L. Miracle Ed., Barcelona, 293p.
- ALMEIDA, T.L., 1999. Qualidade e produtividade em sala de aula: um enfoque nas relações interpessoais. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Univ. Federal de Santa Maria, RS.
- ALMEIDA, T.L. & BETITO, R., 2000. Educação, sistemas dinâmicos, tragédia do bem comum e conscientização. 28º Congresso Brasileiro de Ensino da Engenharia (COBENGE).
- ALMEIDA, T.L. & BETITO, R., 2002. Reflexões sobre a interação entre Sistemas Dinâmicos, Teoria dos Jogos, Comportamento e Evolução: uma síntese da utilidade da Teoria da Escolha. 30º COBENGE.
- ALMEIDA, T.L.; BETITO, R. & CURY, H.N., 2000. Mapas mentais, Poeira de Cantor e Interdisciplinaridade. 28º Congresso Brasileiro de Ensino da Engenharia.
- ALMEIDA, T.L.; BETITO, R. & ALMEIDA, C.I.R., 2002. O engenheiro e a Cronobiologia: a busca pela eficiência no tempo. Revista de Ensino de Engenharia, 21 (1) 19-26.
- ALLEN, T.F.H. & STARR, T.B., 1982. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. Univ. of Chicago Press, USA, 310p.
- ANDRADE, E., 2004. On Maxwell’s demons and the origin of evolutionary variations: an internalist perspective. Acta Biotheoretica, 52: 17-40.
- ARNOLD, V.I., 1989. Teoria da catástrofe. Ed. UNICAMP, 154p.
- ATLAN, H., 1972. L’organisation biologique et la théorie de l’information. Hermann, Paris, 300p.
- ATLAN, H., 1992. Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo. Jorge Zahar ed., RJ, 268p.
- AXELROD, R., 1984. The evolution of cooperation. New York, Basic Books.
- BAK, P., 1997. How nature works. The science of self-organized criticality. Oxford Univ. Press, 212p.
- BAK, P. & PACZUSKI, M., 1995. Complexity, contingency, and criticality. Proc. Nat. Acad. Sci., 92 (15) 6689-6696.
- BETITO, R., 1984. Dinâmica da população de *Jenynsia lineata* (Cyprinodontiformes, Anablepidae) na restinga de Rio Grande, estuário da Lagoa dos Patos (RS - Brasil). Tese de Mestrado, FURG, 207p.
- BETITO, R., 1999. Análise comparativa das estratégias de dinâmica populacional entre dois peixes ‘r’ estrategistas (*Jenynsia lineata* e *Poecilia vivipara*) (Cyprinodontiformes), no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil)”. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da USP, Tomo I (182p.), Tomo II (460p.).



- BETITO, R., 2000. Reflexões sobre a proposta da Educação Ambiental. Revista Eletrônica MEA vol. 3.
- BETITO, R. & CASTRO, L.A.B., 1995. Um modelo ECOPATH II do estuário da Lagoa dos Patos: uma avaliação preliminar. XI Encontro Brasileiro de Ictiologia, Campinas.
- BETITO, R. & ALMEIDA, T.L., 2001. Qualidade de vida, consciência e utopias: A dependência do 'Eu' do 'Nós'. 29º Congresso Brasileiro de Ensino da Engenharia. [www.dmat.furg/~Taba](http://www.dmat.furg/~Taba)
- BRANCO, S.M., 1995. Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambientes. Estudos Avançados, USP, 9(23) 217-233.
- BRESSAN, D.A. (Ed.), 1994. Educação ambiental. Revista Ciência & Ambiente, (UFMS), (8) 116p.
- BRIGGS, J. & PEAT, F.D., 1999. Seven life lessons of chaos, spiritual wisdom from the science of change. Harper Perennial, 207p.
- BURNS, T.P.; PATTEN, B.C. & HIGASHI, M., 1991. Hierarchical evolution in ecological networks: environs and selection. *In*: Higashi, M. & Burns, T.P. (Eds.), *Theoretical studies of ecosystems: the network perspective*. Cambridge Univ. Press, p.210-239.
- CHAPPLE, E.D., 1972. El hombre cultural y el hombre biológico. *Antropologia de la conducta*. Agencia para el Desarrollo International, Ed. Pax-México, 439p.
- CHRISTIAN, J.J., 1963. Endocrine adaptive mechanisms and the physiologic regulation of population growth. *In*: Mayer, W.V. & Van Gelder, R.G. (Eds.), *Physiological Mammology*, Academic Press, NY, vol. 1.
- DAWKINS, R., 1979. O gene egoísta. EDUSP, 230p.
- DAWKINS, R., 1998. A escalada do monte improvável: uma defesa da teoria da evolução. São Paulo: Companhia das Letras.
- DISKIN, L.; MARTINELLI, M.; MIGLIORI, R.F. & SANTO, R.E., 1998. Ética, Valores Humanos e Transformação (série temas transversais – v. 1). Ed. Peirópolis, São Paulo – SP, 111p.
- DORST, J., 1973. Antes que a Natureza morra: por uma ecologia política. EDUSP, 394p.
- DYSON, F., 1988. Infinito em todas as direções – do gene à conquista do Universo. Edit. Best Seller, São Paulo, 323 p.
- EIBL-EIBESFELDT, I., 1974. Etologia, introducción al estudio comparado del comportamiento. Ed. Omega, Barcelona, 643p.
- FEIBLEMAN, J.K., 1954. Theory of integrative levels. Brit. J. Philos. Sci., 5: 59-66.
- FRONTIER, S., 1987. Applications of fractal theory to ecology. NATO ASI Series, Vol. G14: 335-378, *Developments in Numerical Ecology*, P. Legendre & L. Legendre (Eds.), Springer-Verlag, Berlin.
- GELL-MANN, M., 1994. O quark e o jaguar, as aventuras no simples e no complexo. Ed. Rocco Ltda., 395 p.
- GLASSER, W., 1998. Choice theory, a new psychology of personal freedom. Harper Collins Publ., NY, 340p.
- GOULD, S.J., 1991. A falsa medida do homem. Ed. Martins Fontes Ltda., SP, 369p.

- HAIRSTON, N.G.; TINKLE, D.W. & WILBUR, H.M., 1970. Natural selection and the parameters of population growth. J. Wildlife Manage., 34: 681-690.
- HARDIN, G., 1968. The tragedy of the commons. Science, 162: 1243-1248.
- HOEFEL, J.L., 1996. Arne Naess e os oito pontos da Ecologia Profunda. Temáticas, Campinas, 4(7) 69-89.
- HOFSTEDE, G., 1983. Cultural dimensions in management and planning. Efficiency in higher Education. UNESCO, p. 70-91.
- KOBELEV, L.Ya., 2000a. Is it possible to transfer an information with the velocities exceeding speed of light in empty space? arXiv:physics/0002003 v1.
- KOBELEV, L.Ya., 2000b. What dimensions do the time and space have: integer or fractional? ArXiv: physics/0001035 v1.
- LORENZ, K., 1988. Os oito pecados mortais do homem civilizado. Ed. Brasiliense, SP, 116p.
- LOVELOCK, J., 1988. The ages of GAIA. New York, W.W. Norton Ed.
- LUBCHENCO, J., *et al.*, 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. A report from the Ecological Society of America. Ecology, 72(2) 371-412.
- MARGALEF, R., 1977. Ecologia. Ediciones Omega S.A., Barcelona (2º ed.), 951p.
- MARGALEF, R., 1997. Our Biosphere. In: O. Kinne (ed.), Excellence in Ecology 10, Ecology Institute Pub., Germany.
- MARTINELLI, M., 1999. Conversando sobre Educação em Valores Humanos. São Paulo, Ed. Fundação Peirópolis, 137p.
- MAYNARD SMITH, J., 1982. Evolution and the theory of games. New York: Cambridge Univ. Press.
- MILGRAM, St., 1963. Behavioral study of obedience. J. Abnorm. Social Psychol., 67: 372-378.
- MONOD, J., 1971. O acaso e a necessidade. Ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna. Ed. Vozes Ltda., RJ, 219p.
- MORRIS, D., 1982. The human zoo. Granada Publ., 222p.
- NATVIG, J.B., 1993. Immunology in a changing world. The role of applied science and technology for a sustainable society, IEA - USP, p.80-84.
- ODUM, E.P., 1983. Ecologia. Ed. Guanabara, RJ, 434p.
- ODUM, H.T., 1988. Energy, environment and public policy. A guide to the analysis of systems. UNEP, Regional Seas Reports and Studies, (95) 109p.
- OLIVEIRA, A.S.D., 1999. Entre a segurança e a liberdade. Pó de Giz, APROFURG, (69) 3.
- PIQUEIRA, J.R.C., 1992. O conceito de estabilidade estrutural. Ciência Cognitiva. São Paulo: IEA - USP, (5)
- SACHS, I., 1994. O problema da democracia econômica e social. Estudos Avançados, USP, 8 (21) 7-20.
- SACHS, I., 1995. Em busca de novas estratégias de desenvolvimento. Estudos Avançados, USP, 9 (25) 29-63.
- SCHENBERG, M., 1991. Formação da mentalidade científica. Estudos Avançados, USP, 5 (12) 123-151.

- SENDOV, B., 1994. Entrando na era da informação. Estudos Avançados, 8 (20) 28-32.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W., 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, USA, 117p.
- SIGMUND, K., 1993. Games of life, explorations in ecology, evolution and behaviour. Oxford Univ. Press, 244p.
- SNEPPEN, K.; BAK, P.; FLYVBJERG, H. & JENSEN, M.H., 1995. Evolution as a self-organized critical phenomenon. Proc.Natl.Acad.Sci., 92: 5209-5213.
- THOM, R., 1972. Stabilité structurelle et morphogénèse. Essai d'une théorie générale des modèles. W.A. Benjamin, Inc., Advanced Book Program Reading, Mass., 362p.
- THUILLIER, P., 1984. La science d'aujourd'hui est-elle dans une impasse?. La Recherche, 15 (153) 380-384.
- ZIPF, G.K., 1949-1965. Human behavior and the principle of least-effort. Addison-Wesley, Cambridge, Mass.