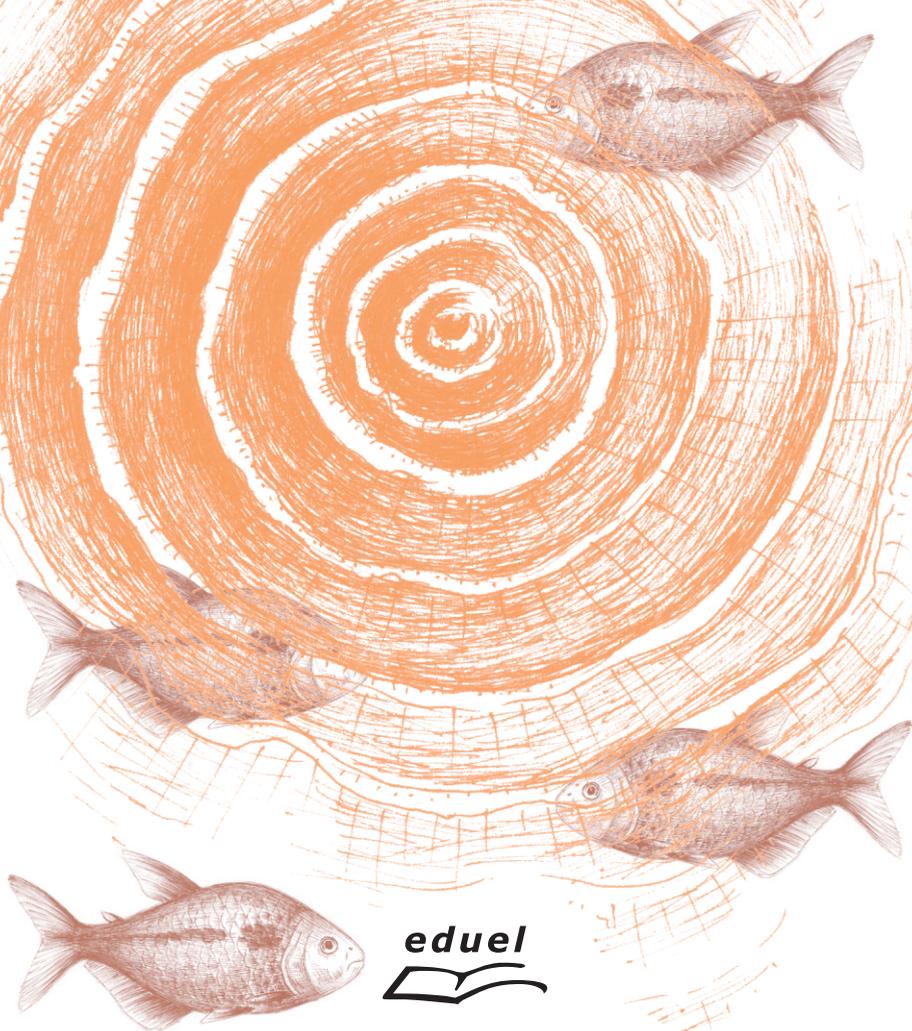


Mara Glacenir Lemes de Medeiros
Luzia Marta Bellini
**Educação Ambiental como
Educação Científica**

*Desafios para compreender
ambientes sob impactos*



eduel


Educação Ambiental como Educação Científica

Desafios para compreender ambientes sob impactos



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

Reitora *Nádina Aparecida Moreno*

Vice-Reitor *Berenice Quinzani Jordão*



EDITORA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

Diretora *Maria Helena de Moura Arias*

Conselho Editorial

- Abdallah Achour Junior*
- Edison Archela*
- Efraim Rodrigues*
- José Fernando Mangili Júnior*
- Marcia Regina Gabardo Camara*
- Marcos Hirata Soares*
- Maria Helena de Moura Arias (Presidente)*
- Otávio Goes de Andrade*
- Renata Grossi*
- Rosane Fonseca de Freitas Martins*

Mara Glacenir Lemes de Medeiros
Luzia Marta Bellini

Educação Ambiental como Educação Científica
Desafios para compreender ambientes sob impactos

Londrina
2013

Capa
Projeto Ilustração – UEL/CECA/Arte/Curso de Design
Coord.: *Cristiane Affonso de Almeida Zerbetto*
Vice-Coord.: *Rosane Fonseca de Freitas Martins*
Aluno: *João Henrique Lodi Agreli*

Produção gráfica
Maria de Lourdes Monteiro

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

-
- M488e Medeiros, Mara Glacenir Lemes de.
Educação ambiental como educação científica [livro eletrônico] :
desafios para compreender ambientes sob impactos / Mara
Glacenir Lemes de Medeiros; Luzia MartaBellini. – Londrina :
Eduel, 2013.
1 Livro digital.
- Disponível em: [http://www.uel.br/editora/portal/pages/
livros-digitais-gratuitos.php](http://www.uel.br/editora/portal/pages/livros-digitais-gratuitos.php)
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-7216-678-2
1. Educação ambiental. 2. Pesquisa ecológica. I. Bellini, Luzia
Marta. II. Título.

CDU 577.4

*Aos nossos pais,
Ao Flávio, ao Capê e
às crianças: Alesi, Júlia e Sallen.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
PREFÁCIO	xi
INTRODUÇÃO	1
1. CONHECIMENTOS, CONHECIMENTO BIOLÓGICO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	7
Conhecimento Biológico	20
Educação para a Ciência e/ou Educação Científica	27
Como Aprender e Fazer em um Processo de Educação para a Ciência?	31
<i>Evolução – em que condições estamos aqui?</i>	33
<i>A luz solar: sem ela, nem vida, nem redes ecológicas</i>	38
<i>Somos responsáveis pela diminuição do manto que nos protege da perigosa radiação ultravioleta? Sim, e o perigo mora ao lado</i>	53
<i>Química: tabela periódica dos elementos, um instrumento para romper barreiras científicas!</i>	59
<i>Educação, discurso ambiental e suas metáforas: “O homem destrói a natureza”, “pobreza e pressão sobre o meio ambiente”, “a natureza se regenera por si mesma” e “desequilíbrio ecológico”</i>	67

2. EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DESAFIOS PARA COMPREENDER AMBIENTES SOB IMPACTOS	83
Nosso Maior Patrimônio Cultural: água da chuva, água de rio, água de mar, água de folha, ... água da vida	96
Como Compreender essa Nova Realidade do Rio Paraná sob Impactos?	111
<i>A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná e o Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – Nupelia, Universidade Estadual de Maringá</i>	<i>111</i>
CONCLUSÕES	187
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação de seres vivos	30
Figura 2 – Calendário cósmico – Mês de dezembro.	36
Figura 3 – Calendário cósmico – a evolução dos seres vivos.	37
Figura 4 – Camuflagem e disfarce: substrato e réptil.	43
Figura 5 – A cor do veneno em um sapinho	44
Figura 6 – Casulo de uma borboleta	45
Figura 7 – As flores da espatódea na arborização urbana.	46
Figura 8 – Concha espiralada do náutilo.	48
Figura 9 – Dados sobre os níveis atmosféricos de ozônio.	57
Figura 10 – Rio Paraná e Sete Quedas em seu estado natural.	108
Figura 11 – Destaque dos Saltos de Sete Quedas em seu estado natural.	109
Figura 12 – Sete Quedas submersa – o rio Paraná sob impactos.	109
Figura 13 – Vista parcial da superfície da Terra	121
Figura 14 – Bacia hidrográfica do rio da Prata	124
Figura 15 – O ciclo hidrológico	126
Figura 16 – Bacia hidrográfica do rio Itapocu (imagem de satélite)	128
Figura 17 – Nascentes de rios	130

Figura 18 – Localização das barragens de Porto Primavera e de Itaipu no rio Paraná	135
Figura 19 – Localização dos reservatórios construídos na bacia do alto rio Paraná.....	140
Figura 20 – Mosaico de paisagens da planície de inundação do alto rio Paraná.....	144
Figura 21 – Fauna e flora aquáticas.....	145
Figura 22 – Recorte: ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná.....	158

PREFÁCIO

A popularização de assuntos relativos à degradação ambiental e aos usos exacerbados dos recursos naturais que ocorreu principalmente após a década de 70, em muito contribuiu para a divulgação de termos como “ecologia”, “meio ambiente” e “natureza”. Em decorrência, não nos surpreende o grande número de pessoas, pesquisadores ou não, envolvidos com práticas relacionadas à “educação ambiental”. Apesar desta popularização, pode-se dizer que a educação ambiental se banalizou e, infelizmente, poucos se dedicam a ela de forma consequente, adotando uma concepção que passa pela educação científica. Pelo contrário, a educação ambiental é apresentada, na maioria das vezes, desconectada de qualquer conteúdo científico, ignorando até mesmo a ecologia, um dos seus principais pilares de sustentação. Assim, pode-se dizer que a educação ambiental praticada atualmente pouco se distancia do conteúdo divulgado pela mídia, em que jargões vazios e desprovidos de significado são amplamente utilizados. Esses são alguns dos assuntos discutidos neste livro e, seguindo este raciocínio, as autoras apresentam no primeiro capítulo, a proposta de uma Educação Ambiental dentro de um contexto mais amplo, como uma prática que respeita, antes de tudo, a beleza poética e a complexidade da ciência. Através dos exemplos do cotidiano, é habilmente demonstrado que os conhecimentos escolares são passados de forma pouco estimulante, alimentando uma

visão extremamente simplificada e, muitas vezes, deturpada da ciência. De maneira justa, Darwin é resgatado como exemplo de um bom cientista que conseguiu transmitir suas descobertas científicas através de uma linguagem simples, compreensível e agradável. Reportando-se a assuntos clássicos, como a evolução de nosso planeta e dos seres vivos, são apresentadas propostas concretas de como pode ser resgatada a complexidade da natureza, assim como suas dimensões qualitativa e quantitativa, há muito separadas no ensino formal de ciências.

No segundo capítulo, as autoras resgatam a importância da ecologia enquanto ciência e enquanto precursora de novas posturas filosóficas acerca da natureza. Ainda, o desenvolvimento de uma educação ambiental como educação científica, aparece, como uma alternativa para demonstrar a importância da ecologia. Neste ponto, é colocada a questão: “Quais os desafios para compreender ambientes sob impactos”? A resposta é apresentada através de uma análise aprofundada da experiência de pesquisadores do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupelia), da Universidade Estadual de Maringá, que trabalham em uma planície de inundação do alto rio Paraná desde 1986.

No papel de um “biólogo viajante” que percorre o rio desde sua nascente e acompanha o trabalho dos pesquisadores, as autoras traduzem as informações científicas acumuladas sobre esse ecossistema para o público leigo, na forma de uma descrição detalhada da “planície do rio Paraná” e das peculiaridades sobre sua fauna e flora. A interpretação dos dados científicos foi a maneira encontrada para demonstrar que é possível divulgar corretamente e sem perdas de informação dados que, na maior parte das vezes ficam restritos à comunidade científica.

Este é o início de uma abordagem promissora sobre educação ambiental, tratada como educação científica. Pelo caráter inovador, a presente obra é extremamente oportuna e preenche um vazio na literatura nacional, repleta, até então, de obras com abordagem convencional sobre o assunto. Torna-se assim, leitura obrigatória para todos aqueles que se preocupam com uma educação ambiental conseqüente, única maneira de vislumbrarmos um futuro melhor para nossos descendentes.

Sidinei Magela Thomaz

Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em
Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais da
Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR.

INTRODUÇÃO

Ao experimentar a solidariedade para com todo o universo, libertamo-nos do hábito crônico de pensar que somos apenas fragmentos desconexos. Movemo-nos de uma ênfase no eu isolado, da consciência do que só sabemos individualmente, para a consciência do que também sabemos juntos. Movemo-nos do antigo foco na competição heróica individual contra o mundo para a co-evolução e a colaboração. Deixamos de ver a natureza como um conjunto de objetos isolados para experimentar que somos um aspecto básico da organização natural. Percebemos que o observador deve ser sempre parte do que observa. Passamos de uma ênfase exclusiva na lógica, na análise e na objetividade para uma habilidade de raciocinar esteticamente de modo a incluir a análise, mas reconhecendo seus limites. Passamos do foco obsessivo no controle e na previsão para uma sensibilidade para com a emergência e a mudança. É uma nova compreensão do tempo e do nosso caminho nele. Usamos nossa influência sutil para nos tornar participantes do planeta azul, não seus administradores.

(Briggs & Peat, *A sabedoria do caos*, 2000)

Um dos principais objetivos deste trabalho é trazer uma interpretação dos estudos científicos realizados pelo Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – Nupelia durante treze anos de pesquisa na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, em território brasileiro, com a intenção de falar em educação ambiental como educação para a ciência

e/ou “educação científica”. Entendemos que os trabalhos ecológicos podem e devem ser traduzidos a um público maior tanto como instrumento de educação para a ciência como de política ambiental.

Uma visão de educação ambiental como educação para a ciência caracteriza-se como inovadora no Brasil e já se iniciou na França, Inglaterra, Espanha, Itália e Canadá. Neste percurso, podemos dizer que não foi uma tarefa fácil, nem difícil, simplesmente passa a ser como disse Sagan (1998, p. 42) *quando compreendemos e empregamos esse conhecimento, sentimos uma profunda satisfação pelo que fazemos.*

Outro objetivo esteve intrinsecamente relacionado à educação para a ciência, isso significa dizer, que discutimos diferentes conhecimentos, entre eles o biológico, ecológico, cultural e social para um público não especializado em ciências. Embora sob a forma de recortes, mostramos um pouco da vida das plantas, dos animais e dos seres humanos que vivem nessa planície, bem como das suas relações de dependência com o “pulso de inundação” do rio Paraná, cujo ritmo das águas impõem novos ciclos de vida nos diferentes organismos aquáticos e terrestres.

“Quais os desafios para compreender ambientes aquáticos sob impactos?” foi a pergunta que norteou este trabalho. Ainda, conhecemos muito pouco do funcionamento desse imenso “território” natural que é a planície de inundação do alto rio Paraná. O “recorte” da planície e os estudos sobre a dinâmica da vida do rio, nos conduziu a enfrentar muitos problemas e, que de certa forma, estão entrelaçados e emanharados. Como disse Alvarado (1994), isso nos leva a realizar um exercício de compreensão e reflexões acerca do papel da tecnologia, da dinâmica da flora e fauna, dos nossos modos de vida e do próprio processo de consolidação da

modernidade em nosso país. Para esse exercício de compreensão, tomamos as idéias de Morin (1997b, p. 91) a respeito da “ética da compreensão”:

Compreender por que e como “eles” chegam a idéias, opiniões e crenças que julgamos absurdas ou ignóbeis conduz-nos a uma ética da compreensão. A compreensão deve preceder o julgamento e até mesmo a condenação. Compreender: esta palavra imediatamente conduz ao sobressalto aqueles para quem seria preciso ter medo de compreender por medo de desculpar. Assim, seria preciso não querer compreender nada, como se a inteligência compreendesse um vício horrível, o de conduzir à fraqueza, à abdicação. Este argumento, um dos mais obscurantistas que existem, ainda reina em nossa brilhante intelligentsia [...]. Aqueles que não querem compreender condenam a compreensão por suas conseqüências [...]. A compreensão não desculpa nem acusa. Compreender é compreender por que e como se odeia e se despreza. [...] A ética da compreensão exige argumentar, refutar, em vez de excomungar e lançar anátemas.

Acreditamos que a ética da compreensão deveria nos fazer capazes de formular perguntas e discutir várias maneiras de buscar as respostas. E nesse sentido, uma das respostas foi concretizada com a proposta de uma educação ambiental como educação para a ciência e/ou educação científica.

A quem nos referimos quando falamos de educação ambiental como educação científica? A quem nos dirigimos? Não nos dirigimos, seguramente, àquelas pessoas que “buscam a normalidade e o ajustamento” (Maroni, 1994, p. 215) da ciência, da tecnologia e um afastamento maior entre o homem e a natureza.

A Educação Ambiental como Educação Científica compreende um processo diferente do atual padrão e das

tendências que banalizaram essa prática ao longo dos últimos 20 anos. Esse processo, por sua vez, aborda diversidades biológicas, psicológicas, epistêmicas, sociais, culturais etc, em outras palavras, quer “conhecer conhecimentos” em áreas de fronteiras com outras ciências, porém indo além das chamadas ciências da educação que substituem a ética da compreensão pela ética da normalidade (Morin, 1997; 1998).

Em nosso trabalho, a educação ambiental, deveria ser o espaço que permite pensar e repensar as múltiplas relações entre o ser humano e conhecimento, ser humano e natureza, tomados na plenitude de suas complexidades (Ruiz & Bellini, 1998, p. 120). Essa complexidade é que permitiria entender também a simplicidade da vida. Como escreveu Briggs & Peat (2000, p. 81-2): *O mais simples e o altamente complexo são reflexos de um outro. São como o deus Jano, que geralmente é representado olhando duas direções ao mesmo tempo e, assim, possuindo duas faces inseparáveis entre si.*

Para nós, essas dimensões envolvem, também, uma dança dinâmica entre educação e ciência.

Como já escreveu Sagan (1998, p. 326):

Sustento que a divulgação é bem sucedida se, num primeiro momento, não faz mais do que provocar a centelha do sentimento de admiração. Para tal, basta fornecer um vislumbre das descobertas da ciência, sem explicar em todos os seus detalhes como elas foram feitas. É mais fácil retratar o destino que a viagem. Mas, sempre que possível, os divulgadores devem tentar relatar alguns erros, pontos de partida falsos, impasses e a confusão aparentemente irremediável ao longo do caminho. Pelo menos de vez em quando, devemos mostrar a evidência e deixar o leitor tirar a sua própria conclusão. Isso transforma a assimilação obediente do novo conhecimento em descoberta pessoal. Quando alguém faz uma descoberta por si mesmo – mesmo que seja

a última pessoa na Terra a ver a luz –, jamais a esquecerá. [...] A nossa espécie necessita e merece cidadãos com mentes bem abertas e com uma compreensão básica de como o mundo funciona.

Vamos iniciar nosso trabalho convidando o leitor, na expressão de Maturana, a “conhecer os conhecimentos” e acompanhar as idéias com as quais sustentamos a proposta de educação para ciência. Após, apresentamos os mosaicos de pesquisas sobre a planície de inundação do alto rio Paraná para pensarmos os desafios científicos para a compreensão dos ambientes aquáticos sob impactos no Rio Paraná.



1.

CONHECIMENTOS, CONHECIMENTO BIOLÓGICO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

*Ao longo deste livro, percorremos a “árvore do conhecimento”, vendo-a como o estudo científico dos processos que subjazem ao conhecimento. E, se seguimos seus argumentos e internalizamos suas conseqüências, percebemos também que são inescapáveis. **O conhecimento do conhecimento compromete.** Comprometemos a tomar uma atitude de permanente vigilância contra a tentação da certeza, a reconhecer que nossas certezas não são provas da verdade, como se o mundo que cada um de nós vê fosse o mundo, e não um mundo, que produzimos com outros. Compromete-nos porque, ao saber que sabemos, não podemos negar o que sabemos.*(grifo nosso)

(Humberto Maturana. *A árvore do conhecimento*, 1995)

O que é o conhecimento biológico? O que é educação para a ciência?

Essas perguntas nos levam a pensar que, talvez estejamos inseridos em um contexto de *analfabetismo científico*, principalmente quando acreditamos em inverdades, tais como: o conhecimento biológico se dá coletando dados, para ser um cientista é necessário ser *um gênio louco, para inventar coisas fantásticas* ou então ser *excêntrico, manso, distraído...*(Alves,

1981), que só “aprendemos” se somos “ensinados” a memorizar e/ou copiar os “nossos maravilhosos livros didáticos”.

Carl Sagan (1996a, p. 21), preocupado com as questões da educação e ciência, ou seja, com o analfabetismo científico escreveu:

*Não sei até que ponto a ignorância em ciência e matemática contribuiu para o declínio da Atenas antiga, mas sei que **as conseqüências do analfabetismo científico são muito mais perigosas em nossa época do que em qualquer outro período anterior**. É perigoso e temerário que o cidadão médio continue a ignorar o aquecimento global, por exemplo, ou a diminuição da camada de ozônio, a poluição do ar, o lixo tóxico e radiativo, a chuva ácida, a erosão da camada superior do solo, o desflorestamento tropical, o crescimento exponencial da população. (grifo nosso)*

A preocupação de Sagan é com uma educação para a ciência; entenda-se aqui, que essa ciência para o astrônomo, tem a ver com a vida biológica humana e a dos seres vivos e a existência social de gerações humanas.

Como sabemos, o ensino de ciências, de biologia, para não falar das outras disciplinas, tem sido feito como mais uma prática anti-científica (Ruiz & Bellini, 1998), ou seja, na escola as ciências são fragmentadas como pequenas verdades dos livros didáticos. Verdades estas que, muitas vezes, não passam de metáforas substituindo conceitos científicos. Oliveira (1984, p. 10) apontou como a visão antropocêntrica da natureza é facilmente percebida no ensino de ciências, através dos currículos escolares e nos livros didáticos que classificam os seres vivos como “úteis e nocivos, selvagens ou domésticos”.

Pozo & Crespo (19-- , p. 69) em seu artigo “A solução

de *problemas nas ciências da natureza*”, afirmaram que embora um dos objetivos da formação científica dentro da Educação Básica no Brasil seja promover a capacidade dos alunos enfrentarem situações cotidianas, analisando-as e interpretando-as por meio de conceituações e procedimentos científicos, atualmente não é isso o que acontece, pois segundo os autores, encontramos a seguinte situação:

...Somos usuários habituais de objetos e produtos científicos, mas compreendemos e sabemos pouco sobre o funcionamento do nosso corpo, das plantas e dos seres vivos que nos cercam, dos eletrodomésticos que usamos diariamente etc. [...] devemos reconhecer que a nossa capacidade – não só a dos alunos – de resolver os problemas diários relacionados com a ciência e tecnologia é bastante limitada. Na verdade, podemos dizer que na maioria dos casos resolvemos os problemas cotidianos ligados à ciência através dos procedimentos pouco científicos.

Moreno (1997, p. 46) igualmente procura mostrar o mesmo problema, dizendo:

O ensino recebido não lhes permite decifrar as mensagens levemente sofisticadas dos meios de comunicação (compreensão da linguagem de um boletim meteorológico, das oscilações da Bolsa), nem recordar a situação geográfica de muitos dos países citados na seção internacional dos jornais, nem utilizar adequadamente o nome das partes internas do corpo humano quando vão ao médico, nem saber como funciona uma máquina de lavar roupa, telefone ou uma televisão, [...] as pessoas não sabem utilizar as aprendizagens escolares em situações concretas e cotidianas, porque as realizaram no contexto asséptico de um laboratório ou de um livro de texto, muito afastado de qualquer uso extra-escolar e sem nunca chegar a estabelecer uma relação entre o que aprenderam na

escola e o que acontece todos os dias em seu ambiente situado fora da instituição de ensino.

John Allen Paulos, matemático norte-americano, destacou esse “analfabetismo” em seu livro *Analfabetismo em matemática e suas conseqüências*, nas informações da TV, jornais, dos livros didáticos e em como somos enganados diariamente pelas estatísticas oficiais e lojas por não sabermos o que é a matemática. Escreveu Paulos (1994, p. 1):

Lembro-me de que, certa noite, ouvi numa festa deitando falação sobre a diferença de “continuamente” e “ininterruptamente”. Mais tarde, naquela mesma noite, estávamos vendo o noticiário na tevê e o serviço de previsão do tempo anunciou que havia uma probabilidade de 50% de chover no domingo, concluindo que havia uma probabilidade de 50% de chover no final de semana. O comentário foi muito bem aceito pelo pretense gramático. Mesmo depois que lhe expliquei o erro, ele não ficou nem de longe tão indignado quanto teria ficado se o locutor tivesse cometido um erro com o sujeito de uma reduzida participação.

Essa situação, na opinião de Paulos, é recorrente em todos os cantos de nossa vida cotidiana e científica. Bellini & Ruiz (1999) no artigo “Comunidades de conhecimentos e comunidade de rendimento: pensando a avaliação do rendimento escolar”, criticam a avaliação de matemática feita em 1997 pela Secretaria do Estado do Paraná. Essa prova destinada a avaliar os conhecimentos de matemática de alunos de 4ª série do ensino fundamental continha um enunciado errado, a questão número 18 em que os avaliadores do Estado exigiam como resposta que a soma dos dois lados de um triângulo fosse menor que hipotenusa em uma clara inversão do Teorema de Pitágoras!

A imprensa escrita ou falada vive informando de modo pseudo-científico e, até mesmo o conhecido Programa do Faustão, programa de variedades dominicais da TV Globo, na Copa do Mundo de 1998, no chamado “500 Gols do Faustão”, vendia “gols” por sorteio a R\$ 3,95. Na análise de Bellini e Ruiz (1999, p. 88-89):

Segundo a Folha de São Paulo (13/8/98), houve 42 milhões de ligações. Para cada “gol” foram 84.000 ligações. Isto significa que para cada “gol” (carro VW) sorteado, que deveria custar, na época, aproximadamente 12.000 reais, a população transferiu aos promotores do sorteio uma importância próxima de 330.000 reais. A matematização dessa situação nos diz que o preço justo estaria próximo a quinze centavos de real.

Essas situações cotidianas demonstram que os conhecimentos escolares pouco têm contribuído para os ambientes situados fora da instituição de ensino.

Nas escolas, o universo das ciências é tecnicizado, empobrecido e sobram mais frases desconexas, notas e avaliação nem sempre feitas por avaliadores que conhecem ou desejam uma educação científica.

Muitas pesquisas sérias sobre as ciências ensinadas nos bancos escolares demonstram que, além dos erros científicos, ocorre um massacre da curiosidade, de observação e dos procedimentos metodológicos que criam o hábito científico nas crianças e jovens. Korczak apud Lewowicki *et al.* (1998, p. 66) já havia dito: *a escola: um pobre comércio de medos e ameaças, botequim onde é servida uma ciência desnaturada, que intimida, confunde e entorpece, em vez de despertar, animar e alegrar.* Uma formação científica das crianças nesse contexto escolar privilegia somente as estratégias de ensino para um amontoado de enunciados de senso comum. O

problema é que esse “senso comum” se manifestará por toda a vida escolar, acadêmica e em situações de nosso dia a dia.

O professor de ciências ou de biologia pode ter feito um bom curso em sua graduação, mas ao entrar na cultura de ensino da escola, ele abandona, salvo exceções, seu compromisso com o fazer científico e se vincula a missões simplificadas que lhes são impostas por uma escola distanciada do conhecimento considerado em sua complexidade polidimensional (Ruiz & Bellini, 1998).

Por exemplo, os livros de ciências afirmam que o corpo humano é dividido em cabeça, tronco e membros. Mas, essa é uma inverdade biológica, pois o corpo humano é um sistema fechado (determinado geneticamente) e aberto ao mesmo tempo (aberto às trocas, em interação com o ambiente). E, para compreender esse sistema vivo nos é exigido um pensamento complexo sobre o significado da vida biológica. É isso que chamamos de atitude científica.

Henri Atlan, biólogo e médico francês, também criticou a simplificação científica mesmo entre os cientistas. Para ele, a linguagem científica nas ciências biológicas provoca muitas vezes, confusões terminológicas e empobrece a biologia. Expressões como “o DNA tem o segredo da vida” muito divulgada mesmo em textos científicos é uma inverdade. Vida é um processo e não um segmento do corpo. Essa terminologia, como já colocou Atlan & Bousquet (1997), traz à tona o senso comum e valores que não permitem que uma educação científica e tampouco que nos reconheçamos como parte do ambiente.

Se a atual situação da cultura escolar não oferece condições de despertar o interesse e o gosto pelas diferentes ciências (biologia, química, física, história etc.) é provável que os educadores e educandos tenham dificuldades para

compreender boa parte das interações biológicas que estão implícitas nessa nova ciência que chama-se – ciências ambientais¹.

Os “recém” divulgados, Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) da última Lei de Diretrizes e Bases da Educação (nº 9.394/96) que prevêm diversas mudanças na situação atual do ensino no Brasil conseguirão mudar o velho padrão de ensino-aprendizagem que tivemos desde as primeiras séries até a universidade? O velho padrão refere-se ao tipo de ensino no qual o professor fala o tempo todo, manda fazer tarefas, copiar (atualmente, utiliza-se o jargão: “xerocar”), manda o aluno calar a boca, não admite perguntas e muito menos a formulação de hipóteses, a memorização é a prática recomendada para aprender a lição seguinte (a velha decoreba), abre mão de leituras interessantes ao livro didático, odeia aulas práticas ou de laboratório, ou melhor, odeia qualquer tipo de experimentação (salvo raras exceções).

Na visão de Ruiz & Bellini (1998, p. 10-11): O modelo do professor *“é aquele que aprendeu nas carteiras de suas séries iniciais. Um modelo secular do qual não consegue se libertar.”* Por sua vez, os alunos (já estive nessa condição)

¹ As ciências ambientais, segundo Rohde (1996, p. 81, 92) *ainda não têm seu estatuto próprio, autonomia, um método de abordar a realidade e, muito menos, pressupostos ou limites claros, exatos. Para o autor, a ciência ambiental, focaliza, portanto, mais a processualidade do que os objetos, mais as interações do que os compartimentos; é mais conjuntiva do que parcelar; não se esgota na perspectiva do olhar analítico, mas instaura – em contrapartida – a leitura interpretativa.*

Para nós que trabalhamos com a perspectiva de conhecimento dos grandes cientistas como Piaget, Morin, Maturana e outros, a concepção de ciência ambiental requer a busca de conhecimentos nas diferentes áreas do conhecimento, tais como: a filosofia, biologia, ecologia, história, sociologia etc., para compreender a complexidade do meio ambiente.

também relutam contra qualquer mudança no sistema de aprendizagem, quando deparados com o “pensar” ou formular hipóteses. Enfim, a educação escolar há muito tempo despreza a inteligência das crianças, adolescentes e até adultos. Isto não é somente “privilégio” do Brasil. Referindo-se à educação dos norte-americanos, Sagan (1996a, p. 316) disse:

Ensinar era uma profissão admirada, em parte porque se reconhecia que a educação era o caminho para sair da pobreza. Pouco disso é verdade hoje em dia. E assim, o ensino da ciência (e de outras disciplinas) é muitas vezes ministrado de forma incompetente ou pouco inspirada, pois, espantosamente, seus profissionais tem pouca ou nenhuma formação nas próprias disciplinas, mostram-se impacientes com o método, têm pressa de chegar às descobertas da ciência – e às vezes são eles mesmos incapazes de distinguir a ciência da pseudociência.

Aliada da pseudociência está a falta do prazer em conhecer, agir com e sobre esses conhecimentos. A dimensão afetiva fica fora da escola. A paixão de Darwin aos 12 anos em descobrir diferentes insetos, do biólogo Stephen J. Gould em classificar conchas quando pequeno ou de Einstein em sonhar com o universo desde criança, é algo em branco para a maioria das crianças na escola.

Tomando novamente as idéias de Ruiz & Bellini (1998, p. 11) lemos:

*Hoje, no final do século XX, ensina-se mais: temos informática, inglês, francês, espanhol etc. Há uma maior diversidade de disciplinas, é claro, decorrente das novas tecnologias e descobertas, mas não se modificou (salvo raras e interessantes exceções) o modo de veicular os chamados conteúdos. **O prazer de conhecer é algo que não habita o universo escolar.** (grifo nosso)*

O **prazer de conhecer** as ciências, não encontramos no universo escolar. Nos livros do astrônomo e educador Carl Sagan, vemos exemplos de como se tornar um admirador da ciência e de ser um cientista. De uma maneira compreensível e bela, Sagan (1987, 1996a, 1996b, 1998) traz à tona, assuntos complexos e de diferentes áreas científicas, tais como os processos da destruição da camada de ozônio, do aquecimento global, calendário cósmico, a evolução do homem, ciência e tecnologia.

Sagan, sem abdicar da complexidade que é característica das ciências, transmitiu fontes conceituais e, ao mesmo tempo, poéticas, ao falar dos seres vivos, das condições atmosféricas e dos problemas ambientais. Ele não separou, em sua discussão, a dimensão ambiental e científica.

Outro entusiasta da ciência é Oliver Sacks, *neurologista e psiquiatra, um dos maiores cientistas pensadores da atualidade*². O autor apresenta no livro *A ilha dos daltônicos e a ilha das cicadáceas*, uma narrativa das viagens à Micronésia, na qual identificamos um novo “olhar interpretativo” na relação com o ambiente, como vemos nas seguintes idéias:

Fui à Micronésia como neurologista ou neuroantropólogo, com a intenção de ver de que maneira indivíduos e comunidades reagem a condições endêmicas incomuns – uma cegueira total e hereditária para as cores em Pingelap e Pohnpei, um distúrbio neurodegenerativo progressivo e fatal em Guam e Rota. Mas também me prenderam a atenção a vida cultural e a história dessas ilhas, sua flora e fauna únicas, suas origens geológicas singulares. Se a princípio examinar pacientes, visitar sítios arqueológicos, perambular por florestas tropicais e mergulhar

² Kayzer (1998) em *A Maravilhosa obra do acaso: para tentar entender nosso lugar no quebra-cabeça cósmico*, apresentou os resultados de uma entrevista que reuniu seis dos maiores cientistas pensadores da atualidade, entre eles estavam, o neurologista Oliver Sacks.

com “snorkel” nos recifes pareciam atividades sem relação umas com as outras, depois fundiram-se todas em uma experiência única e indivisível, uma imersão total na vida da ilha (Sacks 1997, p. 9).

Muitos outros cientistas do porte de Sagan e Sacks tal como o historiador norte-americano, Warren Dean (1996) ou o sociólogo brasileiro, Antonio Carlos Diegues (1998) – interpretam fontes de diferentes áreas do conhecimento. O primeiro com a história, a política, a botânica, a zoologia, a justiça social, a educação e o meio ambiente, o segundo perpassa as áreas da antropologia, da psicologia, da história, da geografia e da literatura, no entanto, ambos divulgam as suas ciências, sem prescindir das dimensões ambiental e científica apresentando-as em uma linguagem compreensível e agradável de ler e conhecer.

Essa maneira de fazer ciência e divulgar os conhecimentos, não é nova. Charles Darwin, considerado um dos maiores cientistas de nosso tempo, fazia isso muito bem, como vemos no seu livro *Viagem de um naturalista ao redor do mundo* e que, segundo as palavras de Munford apud Morin (1998, p. 49-50), ele tinha uma maneira especial de ver a natureza.

Darwin escapou dessa especialização profissional unilateral que é fatal a uma plena compreensão dos fenômenos orgânicos. Para esse novo papel, o amadorismo da preparação de Darwin revelou-se admirável. Embora tivesse a bordo do Beagle na qualidade de naturalista, ele não tinha nenhuma formação universitária especializada. Mesmo como biólogo, ele não tinha nenhuma instrução anterior a não ser como apaixonado pesquisador de animais e colecionador de coleópteros. Diante da ausência de fixação e da inibição da escola, nada impedia o despertar de Darwin para as manifestações do meio ambiente vivo.

A despeito da importância desse assunto e dos muitos autores, tomaremos algumas idéias de Sagan para ilustrar a possibilidade de uma educação diferente da que vem sendo feita até agora. No livro *Bilhões e bilhões: reflexões sobre vida e morte na virada do milênio*, Sagan (1998, p. 94-9), no capítulo intitulado *Está faltando um pedaço do céu*, ele nos informa a respeito da camada de ozônio, dizendo:

As minhas lembranças [...] estão impregnadas de um cheiro – não desagradável, levemente doce, que sempre emanava do transformador, uma grande caixa preta de metal com uma alavanca vermelha corrediça que controlava a velocidade do trem. [...] Só mais tarde é que aprendi que o cheiro era produzido por uma substância química específica – gerada pela eletricidade quando passava pelo ar – e que a substância química tinha um nome: ozônio. O ar ao nosso redor, o material que respiramos, é composto de aproximadamente 20% de oxigênio – não o átomo, simbolizado por O, mas a molécula, simbolizada por O₂, significando dois átomos de oxigênio quimicamente unidos. Nós o aspiramos e misturamos com os alimentos, extraindo daí nossa energia. O ozônio é uma combinação muito mais rara dos átomos de oxigênio. É simbolizado por O₃, significando três átomos de oxigênio quimicamente unidos.

Sagan, falando de sua infância, nos dá uma aula de como ocorriam as reações químicas no transformador de seu trenzinho ao produzir ozônio. Comenta como o uso de refrigeradores produzem um *fluido ativo, cujo aquecimento e esfriamento fornecia a refrigeração, a amônia ou dióxido de enxofre, gases venenosos e de cheiro ruim*. E para chegar até nossa vida atual, fala de como foram criadas uma classe de moléculas que nunca existira antes na Terra, os clorofluorcarbonetos

(CFCs), e como, depois de alguns anos, elas passaram a romper a camada de ozônio.

Acontece que nos motores de carros e nos fornos da indústria, produzindo ozônio reativo aqui embaixo perto do solo, contribuindo para o nevoeiro enfumaçado e a poluição industrial. O seu aroma já não me parece assim tão doce. O maior perigo do ozônio não é haver ozônio demais aqui embaixo, na terra, mas ozônio de menos lá em cima, no céu. [...] O ozônio é naturalmente formado lá no alto, a uma altitude de cerca de 25 quilômetros. A luz ultravioleta (UV) do Sol – que corresponde à faísca no meu transformador do trem elétrico, que não estava perfeitamente isolado – divide as moléculas O_2 em átomos. [...] Uma molécula CFC sobrevive nessas altitudes durante mais ou menos um século, até que a UV a obrigue a abrir mão do seu cloro. O cloro é um catalisador que destrói as moléculas de ozônio, mas não é ele próprio destruído. [...]

Duas moléculas de ozônio foram destruídas: três moléculas de oxigênio foram geradas: e os átomos de cloro estão prontos para causar mais danos. [...] Por que deveríamos nos preocupar com isso? Porque o ozônio é o nosso escudo contra a luz ultravioleta do Sol. Se todo o ozônio na camada superior do ar fosse baixado à temperatura e à pressão existentes ao nosso redor neste momento, a camada teria apenas três milímetros de espessura – mais ou menos a altura da cutícula de seu dedo mínimo. Não é muito ozônio. Mas esse ozônio é só o que se interpõe entre nós e as longas ondas violentas e cauterizadoras da UV do Sol.

Como alerta Sagan, os perigos da luz ultravioleta não se restringem aos seres humanos, os dois terços do ozônio que estão faltando sobre a Antártida na época da primavera,

o buraco da camada de ozônio, que nenhum cientista tinha previsto, atinge todos os seres vivos da terra, bem como suas atividades de sobrevivência:

Mas se maior quantidade de UV cai sobre os oceanos, os danos não se restringem a essas plantinhas (fitoplâncton) – porque elas são o alimento de animais unicelulares (o zooplâncton), que são por sua vez comidos por pequenos crustáceos semelhantes a camarões [...] que são comidos por pequenos peixes, que são comidos por peixes grandes, que são comidos por golfinhos, baleias e pessoas.

A destruição das plantinhas de base da cadeia alimentar causa colapso de toda a cadeia. Há muitas dessas cadeias alimentares, tanto na terra como na água, e todas parecem vulneráveis à destruição pela UV. Por exemplo, as bactérias nas raízes do arroz que captam nitrogênio do ar são sensíveis à UV. Maior incidência de UV pode ameaçar as colheitas e talvez até comprometer o suprimento de alimentos humanos. Ao permitir que a camada de ozônio seja destruída e que aumente a intensidade da UV na superfície da Terra, estamos criando desafios de severidade desconhecida, mas preocupante para o tecido da vida em nosso planeta. Ignoramos as complexas dependências mútuas dos seres sobre a Terra, bem como quais serão as conseqüências resultantes, se eliminarmos alguns micróbios especialmente vulneráveis de que dependem organismos maiores. Estamos dando puxões na tapeçaria biológica que cobre todo o planeta, e não sabemos se vamos acabar puxando apenas um fio ou se toda a tapeçaria vai se desfazer diante de nossos olhos.

Lendo Sagan e Sacks vemos como essa “tapeçaria biológica” é presente nas discussões dos astrônomos, médicos, filósofos entre outros pensadores que andam pelas fronteiras dos diversos conhecimentos. O conhecimento biológico é uma dimensão central nessa rede de conhecimentos.

CONHECIMENTO BIOLÓGICO

Para “conhecer o conhecimento biológico” apresentaremos inicialmente as obras do epistemólogo e biólogo Jean Piaget, *Conhecimento biológico* (1973), *Introducción a la epistemología genética: el pensamiento biológico, psicológico y sociológico* (1978) e *Tratado de lógica y conocimiento científico: epistemología de la biología* (1979). Ressaltamos que a epistemologia genética é uma área interdisciplinar que se ocupa com todas as ciências, estudando a gênese das estruturas e dos conceitos científicos que constituem essas ciências (física, biologia, matemática etc.).

Piaget, reunindo duas condições, de epistemólogo e biólogo, foi o único que, até agora, estudou a biologia como um sistema de conhecimentos destacando seu objeto e sua epistemologia. Para Piaget (1978, p. 13), as ciências possuem epistemologias e objetos científicos diferentes. No estudo “Epistemologia da biologia e iniciação à ciência” (1999, no prelo) de Luzia Marta Bellini, a autora aponta as diferenças entre o conhecimento biológico, físico e matemático. Por exemplo, a biologia no âmbito das ciências difere muito da física e da matemática, pois é uma ciência realista, ou seja, nela é imprescindível o papel da experimentação: *...o pensamento biológico é antes de nada realista e se baseia na experiência e, em consequência, recorre em um mínimo à atividade do sujeito, isto é, à criação teórica ou à dedução*

O conhecimento físico situa-se entre o idealismo e o realismo, o físico não se limita a descrever os objetos como aparecem, mas atua sobre os acontecimentos, de modo a dissociar os fatores, a fazê-los variar e assimilá-los a sistemas de transformações lógico-matemáticas (Piaget, 1973); enquanto que o conhecimento matemático não recorre à

experiência como critério de verdade, é o produto da atividade do sujeito, independente de sua concordância atual com a realidade externa, ou seja, a matemática trabalha com objetos não palpáveis, com idéias ligadas à imaginação.

Para o matemático Ian Stewart (1996, p. 11, 18) a matemática não é somente números e contas, como aprendemos na escola, e nos disse:

A mente e a cultura humanas desenvolveram um sistema formal de pensamento para reconhecer, classificar e explorar padrões. Nós o chamamos matemática. Usando a matemática para organizar e sistematizar nossas idéias a respeito dos padrões, descobrimos um grande segredo: os padrões da natureza não existem somente para ser admirados, eles são pistas vitais para as regras que governam os processos naturais. Os objetos matemáticos mais simples são os números, e os padrões mais simples da natureza são numéricos. [...] As pessoas tem duas pernas, os gatos, quatro, os insetos, seis, as aranhas, oito. As estrelas-do-mar tem cinco braços (ou dez, 11, e mesmo 17, dependendo da espécie).[...] Além dos padrões numéricos, há os geométricos. [...] Também há padrões ondulatórios na terra. [...] Além dos padrões da forma, há os do movimento [...].

Quando Piaget disse que as ciências possuem epistemologias diferentes, deve-se compreender que o pensamento científico, resulta de interações entre o sujeito e os objetos, constituindo um caso particular das relações entre os organismos e seu meio. O sujeito e os objetos são inseparáveis, mas isso não significa dizer que o conhecimento científico está reduzido a um esquema epistemológico único.

Em Piaget lemos que o objeto da biologia está representado pelo conjunto dos seres vivos, plantas e animais, portanto, pelos objetos palpáveis. Nesse sentido, para ser biólogo, este tem que gostar da natureza, pois nela está seu

objeto de estudo. Bellini (1999, p. 12) reforça essa colocação dizendo:

Mesmo estudando a dinâmica da embriogênese, das leis da hereditariedade, a biologia não pode se esquecer da existência dos seres vivos. É esse o seu objeto. Não são os números, a ordem, a forma, o movimento nem o acaso. Tampouco são os fenômenos físico e/ou químico. Embora estes estejam vinculados à infinita rede de relações dos seres vivos não são, de fato, objetos da biologia.

Distinguindo-se os diferentes objetos da física, matemática e biologia, temos estruturas de pensamentos diferentes e ciências diferentes, o que significa dizer, que um dos caminhos para a aprendizagem dessas ciências e das outras (química, geologia, ecologia etc.) segundo Bellini (1999, p. 15) requer trabalhos distintos em diferentes campos de conhecimento:

Na iniciação às ciências compreendendo atividades com áreas da física, biologia e química é impossível sem o campo experimental, entendendo-o como campo da ação e da “operação” (pensamento das crianças). A experimentação apenas pelo fazer técnico sem a problematização, sem o papel das hipóteses não garante o pensamento, a criação.

O pensamento biológico, segundo Piaget (1978), assim como a física e a química, demarcam seus objetos de modo diferente da matemática. Na biologia esse marco permite ao sujeito do conhecimento a construção de classes e relações simétricas. Cabe ressaltar que essas classes, leis e explicações não atingem em todos os casos, o nível matemático, mas sim conservam, em geral, um caráter qualitativo ou simplesmente lógico, sem que as medições dêem lugar a uma dedução propriamente dita, como ocorre na física e na química.

A forma mais elementar de conhecimento biológico, a classificação biológica (das espécies) tais como se apresentam na botânica e na zoologia sistemática, consiste em agrupamentos de classes ou de relações. Nas ciências naturais, Aristóteles foi um dos primeiros a realizar trabalhos de anatomia comparada e de classificação e, assim, compreendeu a idéia central da sistemática e propôs uma classificação hierárquica que ia desde as formas mais simples às complexas, caracterizando um sistema de encaixes hierárquicos (Piaget, 1978). Esse tipo de classificação foi seguida, séculos depois, por Lineu, Lamarck entre outros que se opuseram à hipótese da evolução. Para Piaget (1978, p.21):

A classificação biológica consiste em reunir indivíduos de acordo com suas semelhanças (que expressam seu parentesco ou filiação possível) em classes lógicas disjuntas do primeiro nível das “espécies”, estas por sua vez, distinguem-se umas das outras essencialmente por suas diferenças (formas, dimensões, cores etc.). Estas consistem, em relações que consideradas em parte, são naturalmente mensuráveis e cujo conjunto pode dar lugar a uma correlação estatística.

Na classificação zoológica ou botânica se pode observar o modelo de um raciocínio por puros “agrupamentos” lógicos, isto é, que procede por quantificação exclusivamente intensiva e que não se baseia em “grupos” matemáticos, ou seja, extensivos ou métricos. Piaget *apud* Bellini (1999), disse que cada “forma” biológica pode, em si mesma, ser matematizada e que a passagem de uma forma a outra corresponde a uma transformação matemática possível, isso indica que uma classificação natural dos seres vivos, com as relações de semelhança e de diferença expressando os parentescos e filiações reais, é passível de matematização ou quantificação.

Nos parágrafos anteriores identificamos na ótica piagetiana, duas dimensões básicas no âmbito das ciências biológicas (zoologia e botânica, pelo menos) a qualitativa e a quantitativa.

Para Piaget, o espaço qualitativo significa em ciências biológicas, as primeiras incursões sobre os objetos do conhecimento que nos permitem, por meio de observações, hipóteses e mesmo alguns procedimentos básicos como construir agrupamentos e encaixes lógicos. A classificação sistemática dos seres vivos, nasceu desses procedimentos, como nos conta Mayr (1998, p. 110), Aristóteles (séc. V a.C.) *“foi o primeiro a descobrir o grande valor heurístico da comparação [...] interessou-se vivamente pelo fenômeno da diversidade orgânica, bem como pelo significado das diferenças entre os animais e plantas.”*

A dimensão quantitativa diz respeito à matematização dos fenômenos, ou seja, pela medição (biometria³ = “estatística biológica”) e, nesse sentido Piaget, (1978, p. 38) nos disse:

[...] é evidente que, independentemente de toda a estatística, é possível construir uma geometria extensiva ou métrica das formas vivas e inclusive, uma mecânica matemática, na medida em que estas formas estão condicionadas pelos movimentos do organismo durante seu crescimento em função do meio ou então, das ações dos órgãos uns sobre os outros. Deste modo, a concha de moluscos oferece interessantes exemplos de formas geométricas simples (espirais etc.) e o enrolamento

³ O termo biometria significa “bios”- vida, “metron” – medida; segundo Tonhasca Jr. (1998) a abordagem biométrica que se tornou indispensável para a metodologia científica, prestou contribuição para a maioria do método estatístico a partir das tentativas para analisar os dados biológicos, os quais são os exemplos perfeitos da variabilidade.

progressivo das espirais no decorrer do crescimento obedece a leis matemáticas cujo equivalente se observa nos vegetais, no caso do crescimento das folhas ao redor de um ramo (série de Fibonacci que, rege, entre outras, as relações de posições e de ângulos).

A dimensão quantitativa também se utiliza de comparações e outros instrumentais matemáticos para compreender as regularidades dos fenômenos biológicos e construirmos padrões sobre o funcionamento e a estrutura da natureza, como lemos em Ian Stewart.

A reunião do espaço qualitativo e quantitativo, na educação das ciências biológicas, exige a pesquisa entre as crianças, a experimentação e a interdisciplinaridade⁴ (estabelecimento de relações). Para Sagan (1998, p.29) não é possível separar essas dimensões:

Se conhecemos um objeto apenas qualitativamente, nós o conhecemos apenas de maneira vaga. Se o conhecemos quantitativamente – entendendo alguma medida numérica que o distingue de um número infinito de outras possibilidades – começamos a conhecê-lo profundamente. Percebemos parte de sua beleza e temos acesso ao seu poder e à compreensão que ele propicia. Ter medo da quantificação

⁴ A abordagem interdisciplinar vem dando oportunidade para várias interpretações, às vezes, até equivocadas. Muitos autores tem discutido o conceito de *interdisciplinariedade*, no âmbito de suas “especialidades”, o que torna difícil a compreensão do mesmo, pois como sabemos a interdisciplinariedade se contrapõe ao reducionismo e à fragmentação da ciência moderna. Para Piaget *apud* Ruiz & Bellini (1998, p. 21; 59) *temos interdisciplinariedade quando a solução de um determinado problema é buscada recorrendo-se a diversas disciplinas, ocorrendo reciprocidade (nos intercâmbios) capaz de gerar enriquecimento mútuo, [...] o propósito da investigação interdisciplinar é o da organização dos domínios do saber, através de recombinações construtivas.*

equivale a renunciar aos nossos direitos civis, abrindo mão de uma das esperanças mais potentes de compreender e transformar o mundo.

Bellini (1999, p. 18) expõe com maior clareza essas idéias:

Essas dimensões são constitutivas das ciências e a elas se remetem as crianças e os jovens aprendizes. A dimensão qualitativa pode significar o “tateio” em direção às ciências, às interpretações científicas. A quantitativa significa um avanço nesse tateio, significa a medição, a comparação, enfim, a matematização de fenômenos físicos, químicos e ou biológicos em busca da solução de problemas que esses fenômenos nos impõem.

Nossas escolas dicotimizam essas dimensões. Em ciências exploram apenas a dimensão qualitativa e deixam a “suposta” dimensão quantitativa para a matemática. Assim, ela, incorre em dois erros: em ciências, não passamos da repetição de conteúdos desconexos e em matemática, não sabemos o que estamos estudando. Tal simplificação é impeditiva de uma educação científica, ambiental e crítica.

Mayer (1998, p. 223) fala com mais clareza desse empobrecimento que não é somente da escola, mas de toda uma cultura mecanicista e reducionista:

Reduzir a incerteza, simplificar o mundo para que seja mecânico ou previsível [comporta uma redução inclusive da criatividade]; reduzir a redundância para melhorar a eficiência reduz também as possibilidades e, portanto, as capacidades de adaptação. A cultura do maquinismo criou a ilusão coletiva da possibilidade do conhecimento ilimitado e de controle absoluto: parece ser apenas questão de tempo, de pessoas ou de fundos suficientes. Entretanto, a cada aumento de conhecimento, corresponde a um aumento da tomada de consciência de nossa ignorância, e este processo pode não ter fim.

Uma educação científica é como disse Sagan, uma educação que não mata a curiosidade, como disse Mayer, que não se orienta pela certeza, como disse Morin, que nos leva à complexidade e, como apontou Piaget, é uma educação que respeita as ciências, seus objetos e procura traduzir suas dinâmicas no dia a dia de crianças e jovens em jogos matemáticos, biológicos etc.

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E/OU EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

No início deste capítulo, dissemos que na escola vigora uma prática anti-científica, mas ao mesmo tempo dissemos que é possível uma educação científica como a do astrônomo Sagan e do matemático Stewart, entre outros. Diante de situações opostas, perguntamos: O que é uma educação científica? Estamos de certa forma, em processo de construção do conceito de educação científica, pois raras vezes, deparamos-nos com ela durante o período que freqüentamos a escola.

Todavia, para Piaget, nós, desde crianças fazemos educação científica, embora desconhecendo-a como tal. “O fato do pensamento biológico recorrer predominantemente aos “agrupamentos”⁵ lógicos tem uma implicação educacional bastante significativa: a biologia é uma ciência que tem áreas acessíveis às crianças no processo de iniciação à ciência” (Bellini, 1999, p. 36).

⁵ Os agrupamentos constituem o referencial característico da fase inicial do pensamento operatório. Esse marco permite ao sujeito a construção de classes ou relações simétricas, elabora relações assimétricas em termos de mais ou menos, sem unidades e sem estabelecer relações entre as partes: sempre na presença de uma qualidade. Tratando de semelhanças ou de diferenças, procede através de distinções dicotômicas, expressões das simples comparações quantitativas de parte a todo e não de parte a parte. As

Quando crianças exploramos qualitativamente os seres da natureza e talvez, até as relações entre eles, fazendo distinção entre “objetos” semelhantes e diferentes. Recordo-me que aos 7 ou 8 anos, “brincava” com a minha vizinha, Terezinha, criança da mesma idade que eu, com as formigas encontradas no pátio das nossas casas, separando esses pequeninos “bichinhos” de suas “casas-formigueiros” de acordo com seus tamanhos, cores, presença de asas etc. Costumava também juntar frutos verdes (que podiam ser lançados com um bodoque, a brincadeira com os irmãos era para ver quem jogava o fruto mais distante) e amarelos do enorme e velho “pé” de cinamomo (*Melia azedarach*). Na universidade, no curso de biologia, separamos insetos, observamos os tipos de sementes e frutos das plantas realizando novamente outro tipo de “classificação sistemática”, nas disciplinas de “zoologia de invertebrados” ou “botânica sistemática”.

O biólogo mexicano Jorge Llorente Bousquet (1990), em seu livro *La búsqueda del método natural*, reforça essa idéia de que quando crianças somos capazes de classificar seres vivos indagando se essa atitude já não é uma prática científica. Ele relata que quando iniciou seu aprendizado em taxonomia, em um trabalho de identificação de mamíferos e suas pulgas, contou com a participação de uma jovem de 15 anos que se dispôs a auxiliar no reconhecimento dos animais. Ela, mesmo sem utilizar o microscópio, separava em “famílias” dezenas ou centenas de insetos que chegavam à coleção do Museu de História Natural da cidade do México, fazendo a classificação melhor do que os próprios alunos. Contou ainda

reuniões, de classes ou de relações, efetuam-se de maneira progressiva ou em forma contínua, cada classe ou cada relação se constitui obedecendo uma determinada seqüência de encaixes (Bellini, 1999, p. 24).

que, sua filha Izolda, de 6 anos, após retornar das férias das praias de Acapulco, soube separar as conchas e caracóis que trouxera do passeio, por grupos por meio de alguma propriedade observável. Llorente Bousquet (1990, p. 21-22) escreve que:

Os conjuntos de amostras dos seres vivos foram ordenados de acordo com semelhanças. Sem que houvesse alguma hipótese de relação com a teoria biológica. Os elementos dos grupos formados, insetos, conchas e caracóis eram aplicados pela semelhança observada; entre os distintos grupos somente mediava a descontinuidade na forma, tamanho e cor. Ambas pessoas classificam objetos sem reconhecer que as formas, tamanhos e cores que possuem estão ligados ou interrelacionados por fenômenos biológicos; as semelhanças que exibem os seres vivos são o resultado de tais fenômenos.

O seu estudo centrado na etnobiologia revelou que a classificação dos organismos sempre foi uma atividade importante em todas as culturas e em especial para a civilização Maia. Sua investigação, ao examinar a seqüência histórica dos conceitos e idéias na taxonomia dos seres vivos, seguiu o caminho de uma busca do método natural, *considerando que a ciência não é somente a união de vontades e genialidades dos cientistas, mas está vinculada ao seu trabalho pelas cosmovisões e cotidianidades religiosas do meio social em que vivemos* (Llorente Bousquet, 1990, p. 22, 24). O sistema de classificação da comunidade cultural Fore de Awande da Nova Guiné, que resultou do estudo etnotaxômico dos maias realizado pelo grupo de taxonomistas do Museu Americano revelou que o tipo de classificação tem muita coisa em comum, não sendo possível separar as dimensões cultural e científica.



Figura 1 – Classificação de seres vivos.

Fonte: Llorente Bousquet (1990, p. 46).

As crianças ou jovens, inseridos num contexto “científico ou cultural” são capazes de observar, experimentar, formular hipóteses, classificar segundo semelhanças e diferenças, apresentando assim, a sua maneira de “interpretar” a natureza, os seres vivos, plantas e animais e o mundo, conforme vemos na Figura 1.

Mas o que é educação científica? Parece-nos que a educação científica é um pouco disso que falamos, ou seja, é aquela em que a biologia e as ciências relacionais tomam a natureza como seu objeto de estudo, (mas não podemos esquecer que *o conhecimento dos objetos da natureza não vem deles, mas da interação de nosso pensamento com esses objetos* (Bellini, 1991, p. 40)) buscando conhecer as formas,

as cores, os sons, os movimentos, a história, a poesia, a arte etc. cujos elementos têm permanecido adormecidos, por muitas décadas, na educação das crianças e dos jovens.

A educação científica, em nossa perspectiva, deveria se utilizar de estimativas e cálculos para permitir o estabelecimento de relações das dimensões qualitativas e quantitativas do conhecimento, pois com a sabedoria (lado cultural) e a ciência, poderemos educar (*aprender a aprender*) para a manutenção da vida na Terra e das gerações que virão.

COMO APRENDER E FAZER EM UM PROCESSO DE EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA?

O educador deveria, [...] ser um pesquisador, um cientista, um poeta, um contador de histórias, um sonhador. Precisaria guardar da infância a dimensão de filósofo; assim seria inquieto, viveria buscando conhecimentos, fazendo perguntas, formulando hipóteses e ouvindo outros filósofos. Precisaria ter a ousadia dos adolescentes para experimentar o novo, para pôr em dúvida verdades estabelecidas, para dizer que o mundo de hoje não precisa ser igual ao de ontem. Precisaria ter a sabedoria dos velhos para saber ouvir, saber contar histórias, para falar de belezas e de sentimentos que foram esquecidos.

(Ruiz & Bellini. *Ensino e Conhecimento*, 1998)

Nossa proposta para essa caminhada reúne cinco dimensões que estão interligadas no processo de educação para a ciência:

- Na iniciação à ciência e, por conseguinte, na educação ambiental há que se distinguir as diferentes ciências e seus objetos como já discutimos no início do capítulo.
- As ciências biológicas são ciências experimentais e nem a

escola, nem outras instituições educacionais podem prescindir das atividades de laboratório ou de campo, sobretudo, em sua iniciação.

- Para a aprendizagem científica é necessário a reunião do espaço qualitativo (lógicos) e quantitativo (numéricos ou métricos) como mostrou Piaget (1978).
- Os conhecimentos biológicos, na educação, devem desenvolver-se junto (transitar entre fronteiras) às outras ciências, por exemplo, com a antropologia, a matemática, a história, a lingüística, a psicologia, a filosofia etc., em uma dimensão interdisciplinar ou “multidimensional” nas palavras de Morin (1986; 1998). Ter sempre presente o papel do pensamento interdisciplinar, pois traz um novo vigor às ciências.
- Na iniciação à ciência, é imprescindível um caminho científico que nos leve ao prazer de descobrir e redescobrir o mundo natural, bem como de tecer as infinitas relações com esse mundo. Como nos disse Bellini (1999, p. 74):

Estamos propondo, como colocou Nise da Silveira, uma educação que leve as crianças a encontrar ligações entre elas e os seres e coisas. Huntley chama-a de educação estética; Goethe, talvez, a chamasse de educação e arte. Piaget, de educação da liberdade. Ian Stewart, talvez de educação matemática. São todas as dimensões para o exercício intelectual e para o contágio pela curiosidade, pela beleza, arte e poesia.

Quais são os estudos que nos permitem propor essas cinco dimensões? Pensadores e cientistas como Piaget, Maturana, Morin, Mayer, Sacks, Sagan entre outros, nos dão pistas de como é possível esse percurso para fazer/aprender educação científica. Nesse sentido, vamos, aqui, trazer as seguintes situações hipotéticas:

EVOLUÇÃO – EM QUE CONDIÇÕES ESTAMOS AQUI?

Situação 1: Estamos estudando evolução. Em nossa proposta devemos contemplar a seguinte temática:

Cosmos, evolução e a construção de ambientes, flora e fauna e a presença humana.

Estamos em um cosmos em evolução, a biogenética e a cultura somam-se para compreendermos o sentido dessa evolução interna (Terra) e externa (fora do planeta). Porque separarmos essas dimensões?

Entendendo que não podemos apresentar aos estudantes e outras pessoas leigas na temática, os estudos científicos desconsiderando a perspectiva de uma educação ambiental conseqüente, traremos duas sugestões que podem ser encontradas nos livros *Os dragões do Éden* e *Pálido Ponto Azul* de Sagan.

Vejam como Sagan (1996b, p. 55) traduz, cientificamente, nossa herança cósmica:

Muitas eras se passaram até a Terra começar a existir. Outras seguirão seu curso antes de sua destruição. Devemos distinguir entre a idade da Terra (uns 4,5 bilhões de anos) e a idade do universo (uns 15 bilhões de anos a partir do Big Bang). Dois terços do imenso intervalo de tempo entre a origem do Universo e nossa época já se haviam passado quando a Terra veio a existir. Há estrelas e sistemas planetários bilhões de anos mais jovens e bilhões de anos mais antigos, mas no Gênesis, capítulo 1, versículo 1, o Universo e a Terra são criados no mesmo dia. A religião hinduísta-budista-jainista tende a não confundir os dois acontecimentos. Nós humanos, somos retardatários. Aparecemos no último instante do tempo cósmico. Haviam transcorrido 99,9% da história do Universo até o presente quando nossa espécie entrou em cena. No vasto circuito de eras. Não temos responsabilidade especial por nosso planeta ou pela vida. Não estávamos presentes.

O que destacar? Pensamos que situar nossa vida atual com um possível passado planetário, traz à tona a idéia de processo da terra, água, flora e fauna e, de como, nós humanos, somos herdeiros de um longa trajetória evolutiva. Passado, presente e futuro mesclam-se na compreensão de nosso caminho evolutivo. Sagan (1987, p. 1) apresenta outras idéias, dizendo:

O mundo é muito velho e os seres humanos, muito recentes. Os acontecimentos importantes em nossas vidas pessoais são medidos em anos ou em unidades ainda menores; nossa vida, em décadas; nossa genealogia familiar, em séculos e toda a história registrada, em milênios [...].

O modo mais didático que conheço para expressar essa cronologia cósmica é imaginar a vida de 15 bilhões de anos do universo (ou pelo menos sua forma atual desde a Grande Explosão) condensada em um ano. Em vista disso, cada bilhão de anos da história da Terra corresponderia a mais ou menos 24 dias de nosso ano cósmico, e um segundo daquele ano a 475 revoluções reais da Terra ao redor do sol. Nas páginas seguintes (Figura 2), apresento a cronologia cósmica em três formas: uma lista de alguns períodos representativos anteriores a dezembro, um calendário do mês de dezembro e uma visão mais pormenorizada do final da noite da véspera do Ano Novo.

Considerando as Figuras 2 e 3, como situar as duas dimensões: qualitativa e quantitativa da ciência? A dimensão qualitativa pode ser obtida pelo quadro de compreensão de lógica elementar, isto é, percebe-se a relação de inserção evolutiva dos diferentes nascimentos das formas de vida da flora e fauna: os primeiros vermes, os invertebrados, os primeiros vertebrados, as plantas, os insetos, répteis, aves, mamíferos e primeiros seres humanos.

A dimensão quantitativa poderá trabalhar em termos de previsão e comparação. Podemos, por exemplo, compor

um outro “calendário” com dados recentes (talvez se revele um pouco assustador, pois veremos quanta destruição dos ambientes naturais) das atividades humanas desenvolvidas nos últimos quinhentos ou cem anos, tomando apenas o Brasil num primeiro momento.

Tomando ambientes de maior importância, podemos comparar o que aconteceu com as florestas tropicais, como a Mata Atlântica, que embora tenha surgido na Era Moderna, no Período Quaternário (depois de alguns eventos glaciais) com aproximadamente 3.500 km ao longo da costa sul-americana, e na época do descobrimento (1500) do Brasil apresentava 1.209.000 km², correspondendo a 15% do território nacional, em 1900, tinha 91.408.000 km² (1,06%) e em 1998 foi reduzida a 86.289.000 km², cerca de 1% da cobertura vegetal do país⁶. Com estes poucos dados podemos fazer estimativas que nos levam a pensar em quantos anos a Mata Atlântica poderá desaparecer da Terra e com ela levando parte do que restou das plantas, animais e seus nativos habitantes (ou melhor, o patrimônio étnico e cultural – comunidades indígenas e tradicionais).

⁶ Consórcio Mata Atlântica (1992); Dean (1996) e SOS Mata Atlântica – ÉPOCA (1998).

DOMINGO	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SÁBADO
	1 Começa a surgir na Terra a atmosfera de oxigênio	2	3	4	5 Extenso vulcanismo e formação de canais em Marte.	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Figura 2 – Calendário cósmico – Mês de dezembro.

Fonte: Sagan, 1987, p. 3.



Figura 3 – Calendário cósmico – a evolução dos seres vivos.
Fonte: Soares, 1969, p. 24-25.

A LUZ SOLAR: SEM ELA, NEM VIDA, NEM REDES ECOLÓGICAS

Nos reflexos coloridos temos a vida.

Goethe. *Doutrina da Cores*, 1993.

Situação 2: Estamos iniciando um estudo que contemple a energia que chega à superfície terrestre sobre a forma de luz, assim, esta poderia ser ampliada para a temática:

A luz solar: absorção e cores

Que a luz solar é vital, nós sabemos, mas é estudando física, biologia e ecologia que começamos a ter o conhecimento sobre os tipos de radiações solares que penetram a atmosfera e atingem a superfície terrestre que, por sua vez, consistem em ondas eletromagnéticas que variam em comprimento (3.000 Å a 10.000 Å); sobre o espectro eletromagnético em relação à luz visível; que a luz incidente é um fator limitante para alguns organismos, tanto as plantas como os animais respondem à diversos tipos de comprimento de onda.

Traduzir as informações dos cientistas nem sempre foi uma tarefa fácil; por exemplo, Odum (1988, p.60), escreveu:

A vegetação absorve fortemente os comprimentos de onda azul e vermelho visíveis e infra-vermelho longo, menos fortemente o verde e muito fracamente o infravermelho próximo. [...] desta forma as plantas verdes absorvem eficientemente a luz azul e vermelha, mais útil à fotossíntese. Rejeitando, por assim dizer, a faixa do infra-vermelho próximo, onde se concentra a maior parte da energia térmica solar, as folhas das plantas terrestres evitam temperaturas letais.

É claro que uma criança ou jovem poderia fazer uma boa interpretação dessa informação. Todavia, não nos espantamos ao saber que as cores são o resultado da interação dos objetos do meio – flor ou animal?

Não ficamos perplexos ao saber que a cor que vemos é a rejeição do objeto àquele espectro da luz solar? Ou seja, da interação entre cor \Leftarrow sol \Leftrightarrow objeto \Leftrightarrow habitat (Terra)?

O conhecimento sobre a luz e as cores, apontado sob uma perspectiva de educação científica foi colocada por Sagan (1998, p. 47-54):

Em muitos contextos, a luz se comporta como uma onda [...] a luz também se comporta como uma corrente de pequenos projéteis, chamados fótons. Em algumas circunstâncias possui as propriedades de uma onda e, em outras, as de uma partícula. [...]

Ainda assim, para a maioria dos fins, a luz é semelhante ao som. As ondas luminosas são tridimensionais, têm uma frequência, um comprimento de onda e uma velocidade (a velocidade da luz). Mas, espantosamente, elas não requerem um meio, como a água ou o ar, para se propagar. Recebemos luz do sol e das estrelas distantes, mesmo que o espaço intermediário seja um vácuo quase perfeito.

Para a luz visível comum – o tipo a que nossos olhos são sensíveis – a frequência é muito elevada, cerca de 600 trilhões (6×10^{14}) de ondas que atingem nossos globos oculares a cada segundo [...].

Assim como os humanos percebem frequências diferentes de som como tons musicais diferentes, frequências diferentes de luz são percebidas como cores diferentes. [...] Entre elas estão as cores familiares do arco-íris. Cada cor corresponde a uma frequência.

A vegetação absorve a luz vermelha e azul, reflete a luz verde e por isso nos parece verde. Poderíamos traçar um quadro da quantidade de luz refletida em cores diferentes. Algo que absorve a luz azul e reflete a vermelha nos parece vermelho;

algo que absorve a luz vermelha e reflete a azul nos parece azul. Vemos um objeto como branco, quando ele reflete a luz de forma mais ou menos igual nas cores diferentes. Mas isso também vale para os materiais cinza e preto.

A luz do Sol é composta de uma mistura de ondas com frequências correspondentes a todas as cores do arco-íris. Há um pouco mais de luz amarela do que vermelha ou azul, o que é em parte a razão de o Sol parecer amarelo.

Todas essas cores incidem, digamos, sobre a pétala de uma rosa. Então por que a rosa parece vermelha? Porque todas as cores que não sejam vermelho são preferencialmente absorvidas dentro da pétala. Uma mistura de ondas atinge a rosa. As ondas são ricocheteadas de forma confusa abaixo da superfície da pétala [...] depois de muitos ricochetes interiores é o fato de ser refletida mais luz vermelha do que a luz de qualquer outra cor, e por essa razão é que percebemos a beleza de uma rosa vermelha.

Além de nos apresentar a razão pela qual percebemos a beleza de uma rosa vermelha, Sagan, em poucas palavras, destaca que a luz solar é essencial para a vida, assim como para manter as complexas relações das redes ecológicas na Terra. Vejamos:

Os seres vivos foram inventivos no uso que fizeram da cor – para absorver a luz do Sol e, por meio da fotossíntese, produzir alimentos do ar e da água; para lembrar às mães pássaros onde ficam as goelas de seus filhotes; para despertar o interesse de um parceiro; para atrair um inseto polinizador; para se camuflar e se disfarçar; e, pelo menos entre os humanos, pelo prazer da beleza. Mas tudo isso só foi possível graças à física das estrelas, à química do ar e ao mecanismo elegante do processo evolucionário, que nos levou a uma harmonia tão magnífica com nosso ambiente físico.

E “poetizando”, o ator concluiu:

*Como todas as cores que vemos – na Terra e em qualquer outro lugar – são uma questão de conhecer os comprimentos de onda da luz solar que são mais bem refletidos, há mais do que poesia em pensar que o **Sol acaricia tudo o que está ao seu alcance, que a luz do sol é o olhar de Deus.** (grifo nosso)*

Nessa significativa contribuição de Sagan, percebemos a sua liberdade criativa para compor um conhecimento relacional acerca da temática, cujas fontes provêm de diferentes ciências. Como pensar a ação dos jovens aprendizes tomando as lições de beleza estética de uma rosa e da poesia de Sagan?

Talvez motivando-os a realizar atividades em que contemplemos a ciência da natureza, permitindo as impressões pessoais e os “tateios” que podem surgir, ao observarmos os reflexos da luz solar na árvore que floresce na primavera ou que se desfolha no inverno, no vôo da borboleta ou da ave, nas águas de um rio ou do mar, no pôr do sol, no fio de luz que entra pela janela, enfim, até mesmo sobre o tórrido asfalto que recobre as avenidas das grandes cidades.

Essa motivação poderá nos levar a uma educação científica e uma apreciação estética da ciência. Para isso precisamos conhecer algo que nos serviu de inspiração: são as obras *A doutrina das cores* e *Arte e ciência* do poeta alemão, Johann Goethe (1749-1832) “um hábil investigador da natureza” e *A divina proporção*, do matemático H. E. Huntley (1985), dois estudos que não separam ciência e arte.

Na situação 2, podemos explorar a dimensão qualitativa da ciência, tomando as informações de Sagan e algumas idéias de Goethe acerca da imitação simples da natureza, cores e luz. Goethe (1997, p. 6-7) escreveu:

A imitação simples de objetos, facilmente apreensíveis (por exemplo, flores e frutas), pode ser levado a um alto nível. É natural que quem reproduz rosas em breve saberá distinguir e reconhecer as mais belas e frescas e escolhê-las dentre as milhares que o verão lhe oferece. [...] Ele lida com formas palpáveis e tudo depende aqui dos tratamentos múltiplos e da cor da superfície. O pêssego felpudo, a ameixa docemente coberta de pólen, a maçã lisa, a cereja brilhante, a rosa ofuscante, os múltiplos cravos, as tulipas variegadas, todos eles, ele os terá conforme o desejo, diante de si, em seu silencioso gabinete...

Para Goethe, o observador que melhor conhecer a germinação, o crescimento e o desenvolvimento sucessivo das plantas que está a imitar, estará fazendo arte e ciência, pois:

...quanto mais serena a imitação for, quanto mais ela se habituar a pensar, isto é, a comparar que é semelhante e separar o que não é semelhante e aprender a subordinar objetos singulares sob um conceito geral, tanto mais digna tornar-se-á ao pisar no limiar do próprio santuário (1997, p. 7).

Goethe (1993, p. 63-64) relata uma de suas experiências acerca da cor das flores:

Conta-se que no verão certos tipos de flores quase brilham, se tornam fosforescentes ou emitem uma luz momentânea ao entardecer.

[...] Frequentemente procurei ver e mesmo produzir esse fenômeno mediante experimentos artificiais. [...] No dia 19 de junho de 1799, já bem tarde, quando o crepúsculo transformava-se em noite clara, passeava no jardim com um

amigo, quando observamos nitidamente algo parecido a uma chama próxima às papoulas orientais, conhecidas pelo intenso vermelho. Aproximamo-nos do pequeno arbusto, observamos atentamente e nada mais notamos; depois de sucessivas idas e vindas, finalmente conseguimos, olhando-as de lado, repetir a experiência à vontade. Tratava-se de um fenômeno cromático fisiológico, e o raio aparente era na verdade o espectro das flores com a cor complementar verde-azulada.

Podemos explorar um pouco mais, a temática das cores, abordando os seres da natureza em suas redes ecológicas. Quando Sagan (1998) fala dos usos inventivos que os seres vivos fizeram da cor, tais como *se camuflar* e *se disfarçar*, estaremos estudando uma das estratégias vitais para alguns animais, como podemos ver na Figura 4:



Figura 4 – Camuflagem e disfarce: substrato e réptil.

Fonte: Foto da autora: Pampa Gaúcho, Quarai – RS, dez/1999.

A pequena cobra-do-campo ostenta cores que sinalizam o perigo aos predadores (“para nós, que a tememos”). Na natureza encontramos animais com cores vistosas e

contrastantes, como o vermelho e o amarelo, porém, nem todas essas cores são sinal de perigo real, mas podem representar uma beleza ímpar para os admiradores das formas e cores da natureza.

O biólogo João Vasconcellos-Neto, da Universidade Estadual de Campinas, em entrevista à *Superinteressante* (2000) fala das *artimanhas do reino animal*. Segundo o pesquisador que estuda camuflagem em animais desde 1976, um animal que não é venenoso imita outro ou *finje-se de pedra, galho ou folhagem* ou com tonalidades do ambiente. Entre as fotos apresentadas na revista, que tomamos a liberdade de reproduzi-las sob a forma das Figuras 5 e 6, podemos ver que um pequeno sapinho de cor amarela mostra a sua toxicidade e, por isso, pode destacar-se sob um substrato marrom. Na outra foto, o casulo cor de rosa da borboleta *Phoebis* sp em formato de folha consegue enganar os pássaros que a desejariam se fosse de outra cor.

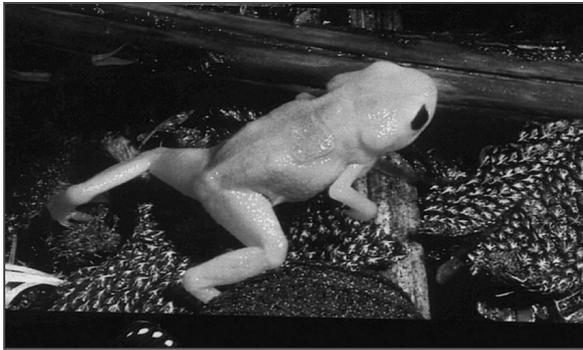


Figura 5 – A cor do veneno em um sapinho.

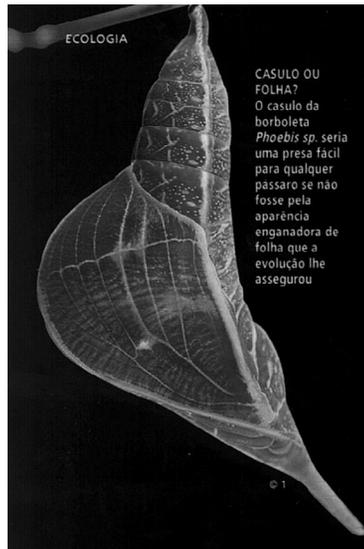


Figura 6 – Casulo de uma borboleta

Fonte: Fotos de Neto, Superinteressante, 2000, p. 61-62.

Não é só no reino animal que vemos estes sinais de perigo para presa e de alívio para as espécies que usam tais recursos para sua sobrevivência. Na Figura 7, mostramos as belas flores da espatódea ou (*Spathodea campanulata*), uma árvore de grande porte, da família Bignoniaceae, comumente utilizada na arborização urbana das cidades brasileiras.⁷ Suas flores são grandes, cor-de-fogo, com pétalas vermelhas do

⁷ Segundo o botânico Josafá Siqueira (1987, p. 176) a planta conhecida como *espatódia*, *tulipa-africana* ou *bisnagueira*. [...] possui um botão floral em forma de bisnaga e cheio de um líquido, irritante aos olhos. No trabalho de educação ambiental (Medeiros, 2000) realizado no município de Schroeder - SC, tive a oportunidade de observar que alguns moradores da cidade cortavam os galhos da árvore quando esta começava a florir. Buscando o motivo para tal atitude, passei a observar (em campo) o que estava acontecendo com os pequenos “beija-flores” que colocavam o bico nas flores da espatódia e assim, verifiquei que eles realmente caíam mortos no chão.

lado externo e amarelas na parte interna e são tóxicas para colibris e abelhas. Infelizmente, ao embelezarmos cidades com espécies vegetais de origem⁸ africana ou outra estranha aos nossos diferentes ecossistemas, afugentamos pássaros e insetos.



Figura 7 – As flores da espatódea na arborização urbana.
Fonte: Foto da autora, cidade do norte do Paraná, mar./2000.

Em qualquer uma das sugestões apresentadas, infinitas idéias poderão ser lançadas no caminho da educação científica

⁸ A história da destruição da Mata Atlântica contada por Dean (1996) indica uma triste conclusão, pois a partir do século XVIII no Brasil, tantas foram as espécies de plantas e animais introduzidos e cultivados de outros países, que nos restaram mesmo, foram as plantas de origem africana.

e estética⁹, basta-nos um pouco de disposição para abandonar a velha prática da escola.

Com Huntley (1985) descobrimos como pensar a beleza da natureza e da matemática. Examinando exemplos das ciências biológicas e das interessantes propriedades matemáticas da *série de Fibonacci* (cada termo é a soma de seus dois antecessores) ou da *espiral logarítmica*, Huntley nos incentiva a “ver” os diferentes padrões numéricos, geométricos (formas), questionando à todos os objetos da natureza. Para o autor, a beleza matemática é encontrada em *padrões* e aponta as idéias de Hardy:

O matemático, como o pintor ou o poeta, é um fabricante de padrões. Se os seus padrões são mais permanentes que os

⁹ A educação ambiental como educação científica e estética, envolve aspectos simbólicos derivados de várias dimensões de nossa vida cognitiva, afetiva, social, religiosa e que nos remete à compreensão do que são as coisas do mundo – ambiente (Bellini, 1999, p. 72). Segundo Hillmann & Ventura (1995, p. 129-131) nos falta despertar e refinar a sensibilidade estética: [...] o bom gosto, como a própria palavra diz, desperta os sentidos e libera as fantasias. Gostar lembra beleza, prazer e tende a refinar-se buscando deleites ainda mais interessantes. [...] Estamos entorpecidos porque fomos anestesiados, não temos estética, somos esteticamente inconscientes, a beleza foi reprimida. Olhe para a nossa terra – a beleza assombrosa deste continente –, e depois veja o que nós, imigrantes de Bíblia na mão, pastores e pregadores a reboque, fizemos com ele. [...] como indivíduos fomos esvaziados da beleza e nos devotamos à feiúra. Mas todos sabemos que nada move mais a alma que o salto estético do coração que vê uma raposa na floresta, um rosto adorável, o som de uma melodia. Sensação, imaginação, prazer e beleza são coisas pelas quais a alma anseia [...] Os japoneses são treinados esteticamente desde cedo e vivem numa cultura devotada tanto ao crisântemo (beleza) quanto à espada (eficiência) – para usar os símbolos deles. O povo japonês – as pessoas comuns – têm [...] olhos treinados para perceber e mãos para tocar com bom gosto.

As dimensões para o exercício de uma educação estética, encontramos, também nas idéias apontadas por Beardsley apud Haynes (1999, p. 1) que viu a tarefa central da educação estética como o aumento do gosto, isto é, uma dependência cada vez maior por belos objetos como fonte de satisfação estética. Belos objetos [...] permitiriam às pessoas sentir prazer

deles, é porque são feitos de idéias... Os padrões do matemático, como os do pintor ou do poeta, devem ser belos; as idéias, como as cores ou as palavras, devem combinar de modo harmonioso (apud Huntley, 1985, p. 86).

Um dos exemplos apresentados por Huntley (1985) é a concha do náutilo *Spira mirabilis* que constitui a mais impressionante curva matemática extraída da natureza.

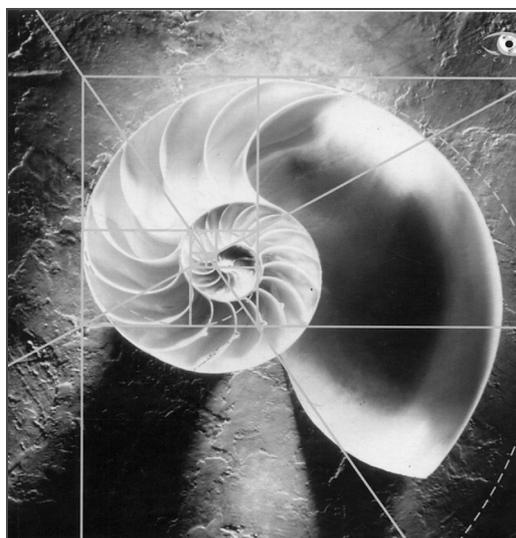


Figura 8 – Concha espiralada do náutilo.

Fonte: Stewart (1996), capa.

A curva é denominada *espiral logarítmica* ou *espiral eqüiangular*. Essa curva é encontrada tanto nos diminutos

quando contemplassem os objetos desinteressadamente. Eles causariam prazer por suas propriedades intrínsecas, tais como a cor, linha, forma, proporção, harmonia, simetria, etc. Nessa perspectiva, a beleza da natureza na educação ambiental poderia estimular as crianças e jovens a descobrir quais as nossas ligações entre as coisas e o mundo por meio da beleza, arte e poesia.

foraminíferos como em conchas maiores, como o náutilo. São as câmaras sucessivas (o crescimento em tamanho das câmaras não altera o seu formato) construídas sobre a estrutura de uma espiral logarítmica que encantam os matemáticos, biólogos, paleontólogos, artistas e poetas. As plantas, como as margaridas, o girassol, a pinha e o abacaxi também apresentam combinações comparáveis de espirais opostas associados com os números de Fibonacci (3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...).

Os números da série de Fibonacci, como bem disse Huntley, foi interesse de várias ciências. Uma referência atualizada desse fato, encontramos no livro *A ilha dos daltônicos e ilhas das cicadáceas* de Sacks (1997), quando ele foi à Rota e a Guam (entre o mar das Filipinas e o Oceano Pacífico) para conhecer as ilhas das cicadáceas e estudar os pacientes com *lytico-bodig* (doença endêmica caracterizada, às vezes, como paralisia progressiva do neurônio motor ou como uma afecção parecida com o parkinsonismo). Como disse seu companheiro John Steele, naquele lugar Sacks poderia sentir-se o verdadeiro *neurologista cicadaceológico*.

Sacks é, para mim, um cientista ímpar, reúne qualidades de fazer “inveja” no bom sentido, a muitos biólogos de nosso país, inclusive eu.

Vejam a riqueza de informações que Sacks (1997) nos presenteia:

Em Rota, ...há florestas de cicadáceas absolutamente intactas, tão densas, tão selvagens, que você poderia pensar que estamos no jurássico. (p. 103)

As cicadáceas só crescem em regiões tropicais ou subtropicais e eram uma novidade para os primeiros exploradores europeus que as encontraram. À primeira vista, as cicadáceas lembram as palmeiras [...] são uma forma de vida muito mais antiga, surgida no mínimo 100 milhões de anos antes das palmeiras ou de quaisquer outras plantas com flores. (p. 113)

Havia uma gigantesca cicadácea nativa, de pelo menos um século, no jardim do Comissário; parei para contemplar aquela árvore esplêndida, acariciei suas folhas duras e lustrosas. (p. 115)

Todas as culturas que usam cicadáceas perceberam seu potencial tóxico [...] dos nomes nativos dados a essas árvores, como “coco do diabo” e “samambaia da fraqueza”. [...] O uso das cicadáceas como alimento foi descoberto independentemente por muitas culturas, e cada uma desenvolveu maneiras próprias de destoxicá-la. (p. 120)

No seu encontro com as cicadáceas, nosso neurologista demonstrou sua emoção:

Mas há uma diferença infinita entre um jardim, por maior que seja, e a selva, onde podemos ter uma idéia das verdadeiras complexidades e dinâmicas da vida, das forças que impelem rumo à evolução e à extinção. Eu ansiava por ver as cicadáceas em seu próprio contexto, não plantadas, não rotuladas, não isoladas para observação, mas crescendo lado a lado com bânias, pândanos e samambaias – toda a harmonia e complexidade de uma floresta de uma cicadácea em escala natural, a realidade viva da paisagem dos meus sonhos de crianças. (Sacks, 1997, p. 176)

As cicadáceas podiam ser polinizadas pelo vento ou por insetos: não eram exigentes – tinham evitado o caminho da especialização excessiva, que liquidara tantas espécies no último meio bilhão de anos. (p. 184)

Mamíferos grandes podiam comer a semente inteira – macacos comem a semente sozinha, elefantes ingerem os cones inteiros – e expelir o endosperma, dentro de sua noz dura, intacto nas fezes, muitas vezes em lugares bem afastados. [...] Quando vêm as chuvas, [...] as sementes podem flutuar. Podemos saber para onde elas flutuam na floresta porque novas cicadáceas brotam ao longo de rios e riachos. [...] As cicadáceas propagaram-se por numerosos ecoclimas, das úmidas zonas tropicais em que proliferaram no jurássico até as regiões

semidesérticas, savanas, montanhas e praias. A espécie litorânea foi a que conseguiu a distribuição mais extensa, pois suas sementes podem flutuar e viajar por grandes distâncias em correntes oceânicas. (p. 185)

Os cones das cicadáceas variam em tipo, forma e tamanho [...] todas elas apresentam na organização das escamas dos cones, intrincados padrões geométricos semelhantes às espirais ou hélices em forma de saca-rolhas que vemos nas pinhas, a disposição das folhas em caules cilíndricos ou os florículos espiralados do girassol. O estudo desses padrões, sua filotaxia, tem fascinado botânicos e matemáticos durante séculos, não só porque as próprias espirais são logarítmicas, mas porque existem várias hélices acessórias (ou parásticas) apontando para a direção oposta, e esses dois conjuntos de hélices ocorrem em uma razão fixa entre si. Assim, tanto nos cones de cicadáceas como nas pinhas, quase sempre podemos ver espirais em cinco ou oito fileiras, e se, expressarmos com frações o número de parásticas, encontramos uma série de $2/1$, $3/2$, $5/3$, $8/5$, $13/8$, $21/13$, $34/21$ e assim por diante. Essa série, batizada em honra ao matemático Fibonacci, do século XIII, corresponde a uma fração contínua que converge para 1,618, o equivalente numérico da divisão áurea.

Tais padrões provavelmente representam apenas um modo ótimo de organizar juntas as folhas ou escamas e evitar a sobreposição das mesmas [...], mas são um encanto para os olhos e um estímulo para a mente. (p. 241-2)

Ressaltamos que o estudo acerca dos padrões da natureza destacados nesta situação hipotética, não se restringe aos autores citados, nem à série de Fibonacci.

No livro *Simetria*, Rohde (1982) apresentou de maneira *interdisciplinar*, generalidades da simetria, fazendo um estudo interessante, perpassando as diferentes ciências, filosofia, tecnologia e arte. O autor concebeu seu trabalho como *um manual para uso do pesquisador, além de estimular a*

observação e imaginação do leitor comum. O matemático Stewart (1996, p. 61, 67, 71-2) dedicou um capítulo de seu livro à simetria, do qual destacamos:

A natureza, também, parece ser atraída pela simetria, pois muitos dos padrões mais impressionantes do mundo natural são simétricos. E a natureza também parece ficar insatisfeita com o excesso de simetria, pois quase todos os padrões simétricos na natureza são menos simétricos do que as causas que lhes deram origem.

As simetrias da natureza podem ser encontradas em todas as escalas, desde a estrutura das partículas subatômicas até a de todo o universo. Muitas moléculas químicas são simétricas. A vida é um processo de criação de simetrias – de replicação; o universo da biologia é produzido em massa como o universo da física, e o mundo orgânico portanto exhibe muitos dos padrões encontrados no mundo inorgânico. As simetrias mais óbvias dos organismos vivos são as da forma – vírus icosaédricos, a concha espiralada do Nautilus, os chifres helicoidais das gazelas, as notáveis simetrias rotacionais da estrela-do-mar, da medusa e das flores. Mas as simetrias no mundo dos seres vivos vão além da forma e estão presentes no comportamento...

Interrompendo esse atraente assunto, dos padrões encontrados na natureza, cabe-nos lembrar ainda, da *geometria de fractal*, uma nova ciência que trata das *irregularidades*, criada pelo matemático Benoit Mandelbrot (Rohde, 1982; Capra, 1996; Stewart, 1996), na década de 60. Vejamos como Mandelbrot pensou essa nova ciência, segundo Capra (1996, p. 118):

Em uma entrevista recente, Mandelbrot explicou que a geometria fractal lida com um aspecto da natureza do qual quase todos têm estado cientes, mas que ninguém foi capaz de descrever em termos matemáticos formais ⁽²⁴⁾. Algumas características da natureza são geométricas no sentido tradicional da palavra. O tronco de uma árvore tem mais ou menos a forma de um cilindro; a lua cheia assemelha-se mais ou menos a um disco circular; os planetas giram ao redor do sol em órbitas mais ou menos comparáveis a elipses. Mas essas características são exceções, como nos lembra Mandelbrot: A maior parte da natureza é muito, muito complicada. Como se poderia descrever uma nuvem? Uma nuvem não é uma esfera... É como uma bola, porém muito irregular. Uma montanha? Uma montanha não é um cone... Se você quer falar de nuvens, de montanhas, de rios, de relâmpagos, a linguagem geométrica aprendida na escola é inadequada. Portanto, Mandelbrot criou a geometria fractal – “uma linguagem para falar de nuvens” – para descrever e para analisar a complexidade das formas irregulares do mundo natural que nos cerca.

SOMOS RESPONSÁVEIS PELA DIMINUIÇÃO DO MANTO QUE NOS PROTEGE DA PERIGOSA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA? SIM, E O PERIGO MORA AO LADO

Situação 3: Em várias ocasiões, enquanto educadora ambiental (Medeiros, 2000), ouvi perguntas ou afirmações do tipo: “sei lá, que buraco de ozônio é esse!”, “dizem que a tal camada de ozônio está acabando mas, acho que isso é mais um golpe, para a indústria de bronzeadores”, “onde está essa camada de ozônio que a gente não vê?”

Na época da Rio-92¹⁰, lembro-me que o assunto

¹⁰ Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) realizada no Rio de Janeiro, de 03 a 14 de junho de 1992. Contou com a participação de 170 países e teve como um dos objetivos principais examinar a situação ambiental do mundo (Corson 1993).

“destruição da camada de ozônio” foi alvo de muitos noticiários alarmantes por parte dos ambientalistas e das comunidades internacionais. Boa parte das revistas e manuais sobre meio ambiente levantaram esse assunto. Considero, no entanto, pertinente questionarmos: Até que ponto a escola ou a educação ambiental tem contribuído ao esclarecimento das comunidades escolares e em geral acerca do risco que corremos se o “buraco da camada de ozônio aumentar”? Além de informá-los sobre o que significa a camada de ozônio¹¹, podemos ampliá-lo, estudá-lo e compreendê-lo com enfoques diferenciados. Por esse motivo, trazemos a situação 3 sob o título:

Ozônio e vida cotidiana: do local ao global

Acredito que Sagan (1998, p. 100) tinha razão quando ele disse que *ninguém acredita que toda a camada de ozônio esteja em perigo eminente de desaparecer*, acredito também que pouca gente sabe que alguns aparelhos e utensílios domésticos que usamos em nossa casa, como o refrigerador/geladeira, o ar condicionado, os desodorantes em latas (aerossol) “sprays”, espuma isolante, solventes industriais e produtos de limpeza, condicionares de ar de veículos etc., contribuíram durante todo este século para a diminuição do *nosso escudo protetor contra a luz ultravioleta do sol*. E, de acordo com os cientistas¹², os danos causados pelos

¹¹ As informações acerca da camada de ozônio, processos químicos envolvidos etc., já foram apontados neste capítulo. No entanto, deverá fazer parte do ensino-aprendizagem a que nos propomos.

¹² Falando em cientistas, por acaso, conhecemos quem descobriu que as moléculas de CFCs representavam uma ameaça à camada de ozônio? *Foram dois cientistas universitários pesquisando outra coisa na torre de marfim de seus laboratórios – Sherwood Rowland e Mario Molina, da University of Califórnia, Irvine. [...] Ninguém mandou que estudassem os perigos para o meio ambiente. dedicavam-se a pesquisa básica. Eram*

clorofluorcarbonetos tóxicos (CFCs) na atmosfera permanecerão ativos por mais ou menos outro século.

Com a destruição da camada de ozônio, maior quantidade de raios ultravioletas nocivos atingem a terra e, conseqüentemente, os seres vivos desde plantas e animais unicelulares até os seres humanos. Nos seres humanos pode causar o câncer de pele, catarata nos olhos e danos ao sistema imunológico (*o mecanismo do corpo para lutar contra as doenças*). Porém, os homens (uma minoria abastada e bem informada) podem se proteger, hipoteticamente, no entanto, os seres que habitam os oceanos, os rios, as plantações etc., não podem fazer o mesmo. Como nos conta Sagan (1998, p. 103):

Donald Hodel, um conservador nomeado por Reagan e avesso a controles governamentais, teria sugerido que, em vez de limitar a produção dos CFCs, nós todos deveríamos usar óculos escuros e chapéus. Essa opção não existe para os microorganismos na base das cadeias alimentares que sustentam a vida sobre a Terra. Então, o que fazer?

Propomos que a temática ozônio e vida cotidiana seja trabalhada cientificamente, principalmente com “doses de sensibilidade e responsabilidade”. Nesse sentido podemos estudar dados científicos mais recentes ou disponíveis à

cientistas que seguem seus próprios interesses. [...] Em seus cálculos originais, Rowland e Molina usaram constantes das taxas das reações químicas envolvendo cloro e outros halogêneos, que tinham sido medidas em parte com o apoio da NASA. Por que da NASA? Porque Vênus tem moléculas de cloro e flúor em sua atmosfera, e os estudiosos da aeronomia queriam compreender o que acontecia por lá. O trabalho teórico sobre o papel dos CFCs na diminuição da camada de ozônio foi logo confirmado por um grupo chefiado por Michael McElroy, em Harvard (Sagan, 1996b, p. 269-70).

respeito da diminuição da camada de ozônio, comparando-os com os dados apresentados na Figura 9. Ou então, verificar se os países que se comprometeram em limitar a produção dos CFCs e seu uso, cumpriram o acordo internacional feito durante a Conferência de Montreal, patrocinada pelo Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas, realizada em setembro de 1987.

Sagan (1998, p. 104) deu-nos essa informação, assim:

*Uma interrupção total da produção de CFCs foi acertada para o ano 2000, e depois retificada para 1996. [...] A quantidade de CFCs está mensuravelmente diminuindo. O problema é que teremos de interromper a produção de todos os CFCs e depois esperar um século até que a atmosfera volte a ficar limpa. Quanto mais tempo perdermos, quanto maior o número de nações omissas, maior o perigo. O Protocolo de Montreal é importante pela magnitude das mudanças acertadas, mas especialmente pela direção que apontam. [...] Evidentemente, é muito cedo para relaxar de todo a proteção à camada de ozônio. Precisamos nos assegurar de que a produção desses materiais seja quase inteiramente interrompida em todo o mundo. Precisamos muito de mais pesquisas para encontrar substitutos seguros. Precisamos de monitoramento abrangente (em estações terrestres, aviões e satélites em órbita) da camada de ozônio sobre todo o globo, feitos de forma tão conscienciosa **como se estivéssemos vigiando um ser amado que sofre de palpitações no coração.** (grifo nosso)*

Como vemos, muitos estudos precisam ser feitos. Cada um de nós pode começar observando e **vigiando** se “o perigo mora ao nosso lado”. Depois, questionarmos o que estamos consumindo, o que faz mal para “nossa saúde” e para todos os seres vivos. O nosso modo de vida diário contribui (muito/pouco) para a destruição da camada de ozônio?

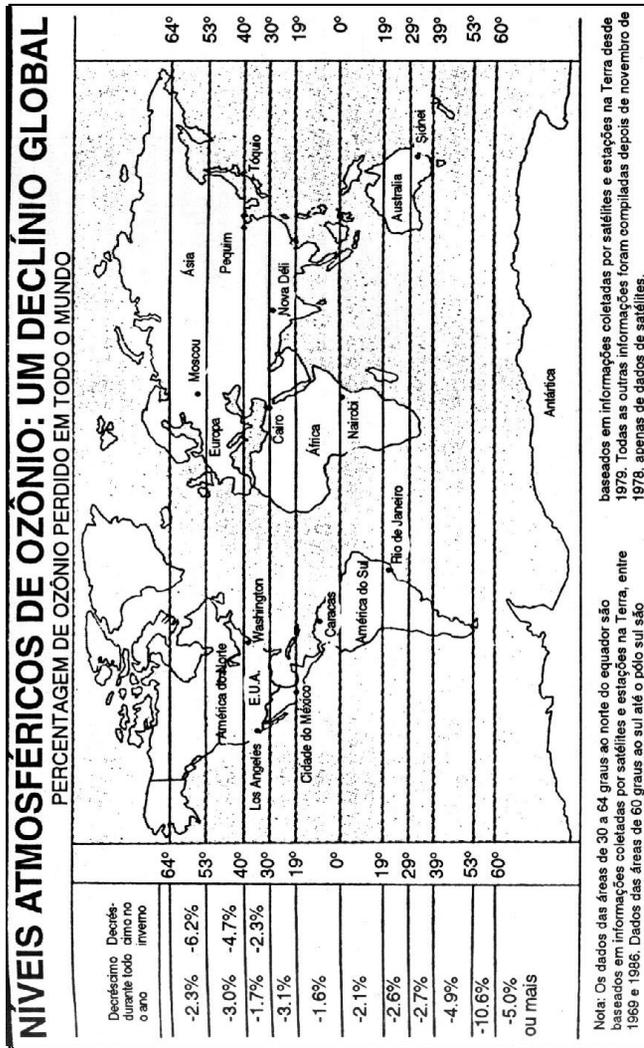


Figura 9 – Dados sobre os níveis atmosféricos de ozônio.
Fonte: Corson, 1993, p. 229.

Podemos trabalhar quantitativamente essa temática, calculando quantas pessoas da família, da casa, da vizinhança, do bairro, da cidade fazem uso de desodorante corporal ou ambiental em “spray” com aerossol CFC ou HCFCs ou de outros produtos que contenham esses gases, obtendo-se estimativas de quanto desse gás foi produzido e o quanto será eliminado na atmosfera, como disse Sagan (1988, p. 97):

As moléculas propulsoras de CFC não aderem ao seu corpo. Elas batem em você e voltam para o ar, redemoïnham perto do espelho, adernam junto às paredes. Por fim, algumas delas saem pouco a pouco pela janela e pelo vão debaixo da porta, até que com o passar do tempo – a operação pode levar dias ou semanas – elas se vêem ao ar livre. Os CFCs colidem com outras moléculas no ar, com prédios e postes de telefone e, carregados por correntes de convecção e pela circulação atmosférica global, são espalhados ao redor de todo o planeta.

Podemos identificar, caracterizar e quantificar o tipo de material que utilizamos e armazenamos em nossa casa, como aquela velha geladeira jogada no fundo do quintal, aqueles utensílios que de fato contribuem para a diminuição da camada de ozônio, como os isolantes rígidos de material espumante, extintores de incêndio com Halon-1211, líquidos para limpeza de equipamentos eletrônicos e embalagens feitas de isopor e, por fim, denominar “nossa casa como inofensiva ou nociva para camada de ozônio”, como aqueles produtos que vem recentemente sendo rotulados.

QUÍMICA: TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS, UM INSTRUMENTO PARA ROMPER BARREIRAS CIENTÍFICAS!

Situação 4: Fui péssima aluna em química básica, já na química orgânica “aquela das cadeias de carboninhos” tive melhor desempenho. Os motivos do primeiro fracasso só descobri recentemente. O que me **desconsola**, é saber que não fui a única¹³. Quantas crianças e jovens passam a detestar “química” desde que passam a freqüentar a escola. Aquele amontoado de fórmulas e reações químicas são normalmente um “bicho de mil cabeças e não sete” e não se sabe por que e para que serve!

O químico e educador Attico Chassot (1992, p. 68) em seu artigo “*Por que... o que... como... ensinar química*”, escreveu acerca do problema que comentamos anteriormente, dizendo:

Como professores de Química, encontramos com muita freqüência pessoas afirmarem: “Eu detesto Química!!!” e, muitas vezes, a causa disto também são as avaliações tiranas e despóticas. Nós temos o poder de entusiasmar os alunos por nossas disciplinas, mas também podemos fazer com que eles as detestem para todo o sempre.

Recordemos Piaget (1978), não é possível o mesmo ensino e aprendizagem para biologia, química, matemática, física etc., porque cada ciência possui objetos diferentes. No entanto, a maneira oferecida para “aprendermos química” na escola é reducionista, igual às tantas outras áreas do conhecimento.

¹³ Isso nos lembra uma música popular jovem sobre o tema. Chama-se “Química” da banda Legião Urbana. Trechos: “ Num saco nada de Física, Literatura ou Gramática, só gosto de Educação Sexual, e eu odeio Química!! Chegou a nova leva de aprendizes, chegou a vez do nosso

Como nos disse Mayer (1998, p. 221):

A vida cotidiana, a prática escolar, as teorias pedagógicas estão repletas deste fenômeno. Reduzir o mundo a uma máquina, reduzir o cérebro a um computador, a escola a um programa e a ação dos educadores a uma programação significa não aceitar que estamos tratando com sistemas complexos, com indivíduos vivos, para os quais, cada ação é única e cada efeito nunca é completamente reproduzível.

O reducionismo igualmente presente na física e na química vem sob a forma de fragmentos, enunciados incompletos ou errôneos, presente nos livros didáticos (Monteiro Jr. & Medeiros, 1998; Tiedemann, 1998; Bizzo, 2000), siglas e fórmulas sem conhecimento da sua história ou dos cientistas que “construíram essa ciência”; sem nenhuma pista de como foram conduzidos os experimentos em laboratório ou das idéias que antecederam as teorias. Resta ao aluno que “já está vacinado” contra a curiosidade e de ser um *perguntador imbecil*¹⁴, memorizar as fórmulas e tirar média

ritual. Se você quiser entrar na tribo aqui no nosso Belsen tropical. Ter carro do ano, TV a cores pagar imposto, ter pistolão. Ter filho na escola, férias na Europa, conta bancária, comprar feijão (...). Cê tem que passar no vestibular. (...).”

¹⁴ Sagan (1996) comentou que quando ele falava a estudantes do último ano secundário, esses estudantes ficavam preocupados com a possibilidade de fazer perguntas “imbecis”. Muitos de nós provavelmente, já passamos por isso. Essa atitude é comum nas nossas escolas (do ensino básico até a pós-graduação), as pessoas que perguntam muito recebem apelidos como chato, “burro” (um adjetivo para lá de antropocêntrico!) e atrapalhador de aula. Porém, como nos disse Sagan (1996, p. 313): *Há perguntas ingênuas, perguntas enfadonhas, perguntas mal formuladas, perguntas propostas depois de uma inadequada autocrítica. Mas toda a pergunta é um grito para compreender o mundo. Não existem perguntas imbecis. Aquele que se propõe a fazer educação científica deve estar preparado para ouvir perguntas.*

boa para aprovação final. Esse percurso, muito comum nas escolas, como já dissemos neste capítulo, conduz a criança ou jovem ao distanciamento das ciências.

Nessa 4ª situação, propomos romper as barreiras para com a química, iniciando pela temática: Tabela Periódica, uma classificação dos elementos químicos da natureza.

Surge nossa pergunta: O que há de novo com a “velha tabela periódica”? Pensamos que um dos caminhos é conhecer o processo de criação da tabela periódica, ir pesquisando acerca do significado de cada letra, número e símbolos químicos contidos nela. Buscar compreender como a complexidade da natureza pode estar simbolizada por meio de uma única tabela que apresenta “os tijolos elementares que compõem todo o universo”. Como fazer?

É importante a leitura do artigo¹⁵ de Sacks publicado na Folha de São Paulo do dia 13 de junho de 1999, sob o título “O neurologista Oliver Sacks conta como foi criada e aprimorada a tabela que classifica elementos químicos da natureza”. Poderíamos fazer em sala de aula, aquilo que Sacks (1999, p. 11) fez na sua casa.

As paredes da minha cozinha são forradas de tabelas periódicas de todos os tipos e tamanhos – oblongas, espiraladas, piramidais, em forma de cata-ventos. Uma de minhas favoritas fica na mesa da cozinha. É uma tabela periódica redonda, feita de madeira, que posso girar como a caixa cilíndrica giratória com orações gravadas que é usada pelos tibetanos, enxergando aspectos diferentes dela a cada vez. Carrego duas tabelas periódicas minúsculas em minha carteira – uma mendeleieviana clássica (as letras antigas parecem fazê-lo reviver) e uma linda tabela colorida e espiralada que mostra

¹⁵ Este texto foi considerado um dos mais eminentes do século XX pelo *The New York Times*.

os elementos e seus números atômicos como uma grande nebulosa em espiral, girando, depois do urânio, em direção a um infinito desconhecido.

O processo de construção-reconstrução¹⁶ de cada tabela periódica junto aos alunos, talvez possa dar conta de estudar cada elemento químico que compõe a tabela e nesse sentido, possa começar a compor as relações com os inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos, e as reações químicas que estão presentes em nosso mundo e que geralmente são estudados por outras ciências, como é o caso da fotossíntese (fisiologia vegetal e ecologia), composição dos minerais (geologia), estudos das águas doces (limnologia). Neste sentido, acompanhemos a bonita história contada por Sacks (1998, p.9) acerca da tabela periódica:

Meu primeiro amor em ciência não foi a biologia, acho eu, mas a química. Lembro-me de ir ao Museu de Ciência, quando tinha dez anos, e de ter tido, ao ver a tabela periódica pendurada lá, com as famílias de elementos, uma sensação arrebatadora de que aquilo era eterna e necessariamente verdadeiro.

[...] “A Tabela Periódica” pendurada no alto da escadaria, com amostras dos elementos organizadas numa grade complexa de “períodos” horizontais e “grupos” verticais. Ver a tabela foi uma das grandes experiências formadoras de minha infância

¹⁶ Consideremos a construção-reconstrução: um processo de conhecimento no qual a criança ou jovem possa identificar os elementos químicos da tabela periódica, investigando onde e como eles fazem parte da nossa vida. Podemos utilizar questões óbvias como, oxigênio que respiramos ou que compõe a água, os seres vivos e as rochas, o flúor do creme dental; o ferro que fortalece nossas hemácias, a sílica presente nas conchas, o cálcio da estrutura óssea, o ouro e a prata que enriquecessem o homem, enfim os metais pesados, tais como o mercúrio, chumbo, zinco, cromo, cádmio etc. encontrados nas águas poluídas dos rios e nos alimentos contaminados.

e, com toda a força da sabedoria revelada, me fez enxergar a beleza da ciência. A tabela periódica parecia ser tão econômica e simples: tudo, os 92 elementos, reduzido a dois eixos e, no entanto, ao longo de cada eixo, via-se a seqüência ordenada de diferentes propriedades. Pude intuir o profundo conhecimento que fora necessário para construir a tabela; mas, ao mesmo tempo, essa não me pareceu ser algo construído pelo homem, e sim uma realidade criada pela própria natureza (Sacks, 1999, p. 1).

A química começou a deixar para trás suas raízes alquímicas no século 18, em parte com a descoberta de grande número de novos elementos. Entre 1735 a 1826, nada menos do que 40 novos elementos foram acrescentados aos nove conhecidos na antigüidade (cobre, prata, ouro, ferro, mercúrio, chumbo, estanho, enxofre e carbono) e aos quatro ou cinco descobertos durante a Idade Média (fósforo, arsênio, antimônio, bismuto e zinco).

[...] Determinados parentescos entre elementos eram reconhecidos: o cloro, o bromo e o iodo – todos coloridos, voláteis e fortemente reativos – pareciam formar uma “família” natural de elementos, os “halogênios”. O cálcio, o estrôncio e o bário, os chamados “metais alcalinos-terrosos”, formavam outra família, a dos metais de um tipo extremamente incomum: leves, moles, facilmente incendiáveis (todos queimavam com chamas brilhantemente coloridas) e intensamente reativos à água. (p. 2)

No mesmo artigo, Sacks descreveu as importantes descobertas de Dobereiner, Dalton, Avogadro, Cannizzaro, Mendeleiev, Rutherford, Bohr, Moseley, Seaborg, bem como as teorias científicas de cada um. Apresentou a teoria atômica, a do sistema periódico, a da mecânica quântica, a da tabela periódica eletrônica e outras, de uma maneira compreensível para quem está iniciando em ciências. E, contou algumas das suas próprias experiências em química:

Eu já tinha um pequeno laboratório meu, onde passara muitas horas, e devia ter visto versões pequenas da tabela de Mendeleiev em livros. Mas, o fato de ver a imensa tabela periódica no museu, de ter me sentido extasiado com a visão e de tê-la realmente assimilado pela primeira vez, foi o que me fez passar de uma espécie de abordagem aleatória ou enciclopédica – colecionando todas as substâncias químicas que encontrava, fazendo todas as experiências possíveis – a um enfoque mais sistemático, explorando por conta própria as tendências dos elementos (Sacks, 1999, p. 5).

*Uma experiência simples, muito dramática (e ligeiramente perigosa), consistia em colocar pequenos torrões dos metais alcalinos em água e observar como aumentava a reatividade à medida que se elevava sua massa atômica. Era preciso fazê-lo com cuidado, usando pinças, e equipando-se com óculos de proteção. O lítio se movia lentamente pela superfície da água, reagindo com ela, emitindo hidrogênio, até acabar; um torrão de sódio se movia pela superfície emitindo um chiado forte, mas, se o torrão fosse pequeno, não pegava fogo; o potássio, pelo contrário, pegava fogo assim que tocava na água, queimando com uma chama de cor violeta clara e expelindo glóbulos em todas as direções. O rubídio era ainda mais reativo, incendiando-se com uma chama vermelho rubi e o cézio, conforme fui descobrir, explodia ao atingir a água, rompendo o recipiente de vidro. **Depois de um experimento desses, nunca mais se esquecia as propriedades dos metais alcalinos.** (p. 5, grifo nosso)*

A tabela periódica não chegava a nos informar as propriedades dos elementos, mas como uma árvore genealógica, atribuía lugares certos a cada um deles. O divertido para mim, era voltar atrás, partindo de seus lugares (como haviam feito Mendeleiev e Lothar Meyer), para ver como as propriedades variavam segundo seu lugar e para mapear a geografia dessas tendências, para meu próprio deleite.

Já se passaram mais de 50 anos desde que vi a tabela periódica pela primeira vez, ainda menino, e o maravilhamento que ela

suscita em mim nunca diminuiu. Aos 130 anos de idade, ainda é o ícone da química; continua a ser a base pela qual se orientam as mais diversas pesquisas químicas, a sugerir novas síntese, a permitir a previsão de propriedades de materiais nunca antes visto. É um maravilhoso mapa da geografia total dos elementos. (p.11)

Nesse artigo, Sacks (1999) considerou que a *tabela periódica, ainda é o ícone da química*, como já dissemos, nela encontramos os “tijolos elementares que constituem o universo”. Fica evidente que os elementos químicos artificiais (aqueles que não existem naturalmente, também presentes na tabela), bem como os compostos químicos sintetizados pelos seres humanos devem igualmente ser objeto de estudo. E neste sentido, Rohde (1996) aponta que essa prática em criar novos elementos e compostos químicos, tem provocado alterações do ponto de vista geoquímico planetário, conforme as informações de Pasqual.

A sua ação como agente de dispersão dos elementos químicos na superfície do globo terrestre não tem precedentes na História Geológica da Terra. Os seres vivos, especialmente os humanos, estão fazendo uma equalização química dos elementos químicos do planeta ao redistribuírem os átomos contidos nas jazidas minerais. Das jazidas de fosfatos do Marrocos, da Flórida e outros, espalhou o elemento químico fósforo por grandes áreas do planeta. Por isso, biota é o sistema fisiológico do Planeta. É um sistema em evolução. O ferro, o alumínio, o cobre, o mercúrio, inexistentes como metais, são produzidos aos milhões de quilogramas por ano, constituindo os arcabouços de pontes, edifícios, navios e tudo o mais. O cálcio e o magnésio mantêm as grandes megalópoles cimentadas. O carbono, ciosamente guardado nas jazidas de calcários, nas jazidas de petróleo e carvão, foi colocado em circulação na atmosfera como CO₂, elevando brutalmente a

sua taxa em pouco menos de 200 anos. A atmosfera é uma fonte de matéria-prima mineral cujas reservas são praticamente inesgotáveis. Que dizer do N_2 com volumes enormes de fertilizantes e compostos nitrogenados, o O_2 dando peróxidos? (apud Rohde, 1996, p. 43).

Ao resgatarmos a história de criação da antiga e da atual tabela periódica, as experiências da ciência química e seus cientistas faremos um percurso entre as mais modernas temáticas “ambientais”. Esta temática ambiental, por sua vez, estabelece fronteiras com as demais ciências, pois trata da capacidade de suporte dos ecossistemas da Terra, da destruição da camada de ozônio (situação anterior), da poluição do ar, da água e do solo, das mudanças climáticas (efeito estufa) da chuva ácida e do esgotamento das reservas minerais naturais. Como nos disse Sagan (1998, p. 229):

Muitos progressos recentes mais extraordinários na química estão ligados à biologia, mas deixem-me mencionar um deles que tem um significado mais amplo: foi compreendida a natureza da ligação química, as forças na física quântica que determinam quais átomos gostam de se ligar com quais outros átomos, com que intensidade e em que configuração. Também se descobriu que a radiação aplicada a atmosferas primitivas, não plausíveis para a Terra e outros planetas, gera aminoácidos e outros tijolos-chave da vida. Verificou-se que, no tubo de ensaio, os ácidos nucléicos e outras moléculas se reproduzem e reproduzem suas mutações. Assim, tem-se feito um substancial progresso no século XX para compreender e gerar a origem da vida.

[...] A física e a química, junto com os computadores mais poderosos da Terra, estão tentando compreender o clima e a circulação geral da atmosfera da Terra através dos tempos. Essa ferramenta poderosa é usada para avaliar as futuras conseqüências da contínua emissão de CO_2 e outros gases-estufa na atmosfera da Terra.

EDUCAÇÃO, DISCURSO AMBIENTAL E SUAS METÁFORAS: “O HOMEM DESTRÓI A NATUREZA”, “POBREZA E PRESSÃO SOBRE O MEIO AMBIENTE”, “A NATUREZA SE REGENERA POR SI MESMA” E “DESEQUILÍBRIO ECOLÓGICO”

Situação 5: Nesta última situação hipotética, proporemos reflexões acerca do significado de várias metáforas presentes no discurso ambiental mais aceito.

O uso indiscriminado de analogias no discurso e na educação ambiental, nas últimas décadas do século XX, tem causado, em nosso ver, problemas à prática da educação ambiental, assim como para o conhecimento científico das ciências biológicas¹⁷. Traremos para nosso debate, as metáforas mais freqüentes em manuais, livros didáticos, TV, revistas, que não têm vínculos com uma educação científica como preconizamos anteriormente.

- Perguntamos: Para quem é válido um discurso ambiental baseado em metáforas, jargões e clichês como os citados anteriormente?
- As metáforas são verdadeiras e falam por si próprias?
- Quem é o homem que destrói a natureza?
- O que é equilíbrio ou desequilíbrio ecológico?
- Qual é a ciência que trata desse “des/equilíbrio ecológico”?
- Não estamos em um processo evolutivo há bilhões de anos?
- Até quando vamos aceitar essas “verdades ecológicas”?
- Por fim, o quanto estamos distanciados das discussões políticas, econômicas e filosóficas da relação homem e natureza/ambiente?

¹⁷ Para Woodger (1978), Sacarrão (1989) e Atlan & Bousquet (1997) as metáforas são muito comuns nas diferentes ciências e substituem a linguagem científica de forma que provocam confusões terminológicas e empobrecem a ciência.

Buscando respostas para essas questões, provavelmente, estaremos discutindo as complexas relações entre os seres humanos e natureza sob os contextos histórico, político, econômico e culturalmente constituídos. Vamos compreender quais os objetos de cada ciência, principalmente da ciência Ecologia. Atualmente, como vemos quase tudo é disseminado *com ou como ecologia*¹⁸.

Acreditamos que, nessa busca, muitas respostas possam ter um bom alcance para discutirmos as raízes do pensamento ocidental e sua relação com a natureza, que tanto alimentam os discursos sobre a crise ambiental e/ou ecológica.

Podemos iniciar com as idéias de Sagan (1998, p. 150), pois, são realmente inspiradoras para trabalharmos várias temáticas apontadas. A primeira delas, diz respeito a nossa cultura antropocêntrica:

*Hoje estamos em toda parte sobre a Terra. Temos bases na Antártida. Visitamos o fundo dos oceanos. Doze humanos até caminharam sobre a lua. Há atualmente quase 6 bilhões de humanos e nossos números crescem o equivalente à população da China a cada década. Submetemos os outros animais e as plantas (embora nosso sucesso não tenha sido tão grande com os micróbios). Domesticamos muitos organismos, forçando-os a nos servir. Nós nos tornamos segundo alguns padrões, **a espécie dominante da Terra.** (grifo nosso)*

¹⁸ Parte de nossas preocupações a esse respeito estão fundamentadas em minha experiência junto às práticas de educação ambiental (Medeiros, 2000). A outra parte, vem das leituras de algumas dezenas de “material” sobre educação ambiental que tive oportunidade de apreciar ou simplesmente manusear devido à qualidade e quantidade de equívocos e inverdades biológicas, culturais e ambientais nelas encontradas. Assistindo imagens veiculadas na televisão, por exemplo, em programas “de ecologia” e telejornais, também vemos esses problemas diariamente.

Parece que cada vez mais o ser humano está se considerando a *espécie dominante da Terra*. Por que estamos vivendo sob uma ética¹⁹ antropocêntrica? As crianças e jovens, já ouviram falar a respeito desse assunto? Essa concepção antropocêntrica²⁰ de mundo reconstruída na era moderna, predominante em quase todo mundo, teve sua origem na Bíblia cristã.

A idéia de que a natureza existe à serviço do homem está presente em todas as nossas ações, porém pouco falamos nesse assunto. Isto é, nós nascemos em um habitat antropocêntrico (onde tudo parece ter sido feito pelo homem). A escola fortalece essa concepção, assim como a própria ciência e a tecnologia. Os estudos de Oliveira (1984), Bowers (1993), Grün (1994, 1996) e Mayer (1998) apontam que o antropocentrismo está presente nos currículos escolares e nos livros didáticos das ciências biológicas, química, física etc. Em Oliveira (1984, p. 11) encontramos alguns trechos “antropocêntricos” extraídos dos livros didáticos de ciências para o 1º grau, analisados pela autora:

Os artrópodes, principalmente a classe dos insetos, só não tomam conta do nosso planeta, devido ao equilíbrio ecológico (são devorados pelos pássaros, sapos...). Muitos artrópodes são úteis aos homens, porém, uma grande maioria deles, é nociva; as plantas que não são cultivadas, por não terem importância econômica, são ditas “daninhas”.

¹⁹ O vocábulo ética, neste caso, vincula-se a palavra grega *ethos* = habitat (morada, lugar onde se vive), conjunto de crenças e valores que fazem a maneira de ser de cada pessoa; teoria dos valores morais que dirigem os comportamentos humanos (Abbagnano, 1982).

²⁰ Elementos teóricos para aprofundar a discussão acerca da concepção antropocêntrica: Flickinger (1994), Robles (1995), Grün (1996) e Thomas (1988).

No entanto, devemos estimular uma discussão a respeito dos valores que regem o agir humano em sua relação com a natureza, pois a natureza é um patrimônio cultural da humanidade e não uma fonte de recursos econômicos como colocam muitos economistas preocupados com a manutenção do processo de produção capitalista.

Não há como negar, que todos nós, humanos em menor ou maior escala destruímos a natureza mas, há como problematizar e discutir que essa destruição significa uma auto-destruição pela inegável dimensão biológica do ser humano. Constituir um discurso com a idéia de que “o homem destrói a natureza” encobre também as relações sociais e de classe em nossas sociedades.

Laymert G. dos Santos em seu artigo “Consumindo o futuro” publicado na Folha de São Paulo, em 27/02/2000, expõe acerca desse assunto, lembrando o militante *socioambientalista* Alan Durning, que ao estudar os motivos que impelem os pobres do Terceiro Mundo a destruírem o ambiente, *acabou descobrindo que o problema do esgotamento dos recursos do planeta se encontrava no desperdício das camadas privilegiadas dos países do Norte.*

A segunda metáfora, igualmente problemática, traz a concepção de que “*pobreza gera os problemas ambientais*”. Um pensamento quase unânime, tanto para a população em geral como para alguns ambientalistas, veículos de comunicação, políticos e cientistas. Essa concepção está fundamentada em vários equívocos; um deles é atribuir a culpa pelos problemas ecológicos aos pobres dos países em desenvolvimento, pois em Sagan (1998, p. 131) vemos outra realidade:

O maior emissor de CO₂ no planeta são (sic) os Estados Unidos. O segundo maior emissor de CO₂ é a Rússia e as outras repúblicas da antiga União Soviética. O terceiro maior

emissor, se os considerarmos em conjunto, são todos os países em desenvolvimento. Esse é um fato muito importante: não é apenas um problema para as nações altamente tecnológicas – por meio da agricultura das queimadas, do uso de lenha, e assim por diante, os países em desenvolvimento também dão uma contribuição importante para o aquecimento global. (...) O emissor seguinte, em ordem de cumplicidade é a Europa Ocidental, depois a China e só então o Japão, uma das nações com o emprego mais eficiente de combustíveis fósseis na terra.

Cabe-nos, agora, perguntarmos: Se a responsabilidade pelos problemas ecológicos é dos pobres, de que pobres estamos falando? O problema da pobreza, assim como os problemas ambientais, segundo Sagan, é causado pelas elites, quanto mais conservador for um governo, maiores serão as crises ambientais que ele provocará. E nesse sentido, Sagan (1998, p. 141) relatou que:

Um dos primeiros atos do presidente Ronald Reagan foi tirar o conversor solar-térmico do telhado da Casa Branca; durante os governos de Reagan e Bush, o apoio federal às alternativas para os combustíveis fósseis e a energia nuclear sofreu um corte abrupto, cerca de 90%. Os subsídios governamentais para as indústrias dependentes do combustível fóssil e nuclear continuaram a aumentar.

Outra questão importante, refere-se às guerras e aos recursos financeiros destinados à elas. Sagan (1998, p. 214) relatou que durante os 43 anos de Guerra Fria,

Os Estados Unidos gastaram (em valores equivalentes aos dólares de 1989) bem mais de 10 trilhões no seu confronto global com a União Soviética. Para o autor, com um pouco mais de 5 trilhões de dólares, habilmente aplicados, poderíamos ter dado passos significativos para eliminar a fome,

a falta de habitação, as doenças infecciosas, o analfabetismo, a pobreza, bem como para salvaguardar o meio ambiente – não apenas nos Estados Unidos, mas em todo o mundo. (Sagan, 1998, p. 215)

É evidente que não podemos considerar somente as elites²¹ dos Estados Unidos; existem outras nações muito ricas, principalmente, aquelas formadoras do “poderoso grupo G-7 ou G-8”. Tampouco, ignorarmos o que vemos numa favela: a pobreza e a degradação do ambiente, porém, recomendamos outras leituras para compreensão desses problemas, por exemplo, em *Nosso futuro comum*, um documento ainda bastante conhecido, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1988, p. 6), apresenta vários argumentos sobre o assunto, vejamos um deles:

Nos últimos decênios, surgiram no mundo em desenvolvimento problemas ambientais que põem em risco a vida. O número crescente de agricultores e de sem terras vem gerando pressões nas áreas rurais. As cidades se enchem de gente, carros e fábricas. E, no entanto esses países em desenvolvimento têm de atuar num contexto em que se amplia o fosso entre a maioria das nações industrializadas e em desenvolvimento em matéria de recursos, em que o mundo industrializado impõe as normas que regem as principais organizações internacionais, e em que esse mundo industrializado já usou grande parte do capital ecológico do planeta. Essa desigualdade é o maior problema “ambiental” da Terra; é também seu maior problema de “desenvolvimento”.

No livro *Terra-pátria*, Morin (1995, p. 35-36) descreveu essa interdependência entre os ricos e os pobres, numa imensa

²¹ Lasch (1995). *A rebelião das elites e a traição da democracia*.

trama econômica que *unifica e divide, iguala e desiguala* as relações entre os seres humanos:

Assim o europeu desperta toda a manhã ligando seu rádio japonês e recebendo através dele os acontecimentos do mundo: erupções vulcânicas, tremores de terra, golpes de Estado, conferências internacionais lhes chegam enquanto toma seu chá do Ceilão, da Índia ou da China, a menos que seja um bom café moka da Etiópia ou um arábica da América Latina; ele mergulha num banho espumoso de óleos taitianos e utiliza um after-shave de fragrâncias exóticas; põe sua malha, sua meia-calça e calças de lã da Austrália, tratada em Manchester e depois em Roubaix-Tourcoing, ou então um blusão de couro vindo da China em estilo jeans americano. Seu relógio é suíço ou japonês. Seus óculos são de escama de tartaruga das Galápagos. Sua carteira, de pecari das Caraíbas ou de réptil africano. Pode ter em sua mesa de inverno morangos ou cerejas da Argentina ou do Chile, vagens frescas do Senegal, abacates ou ananases da África, melões de Guadalupe. Dispõe do rum da Martinica, da vodca russa, da tequila mexicana, do bourbon americano, do uísque irlandês. Pode escutar em sua casa uma sinfonia alemã regida por um maestro coreano, ou então assistir na televisão à opera La Bohème, com a negra Barbara Hendricks como Mimi e o espanhol Plácido Domingo como Rodolfo. (grifo nosso)

O africano em sua favela não participa desse circuito planetário de conforto, mas está igualmente no circuito planetário. Em sua vida cotidiana sofre os reflexos do mercado mundial que afetam as cotações do cacau, do açúcar, das matérias-primas que seu país produz. Ele foi expulso de sua aldeia por processos mundializados provenientes do Oriente, em particular dos progressos da monocultura industrial; de camponês auto-suficiente tornou-se um suburbano em busca de salário; suas necessidades são doravante traduzidas em termos monetários. Ele aspira ao bem-estar. Utiliza o prato de alumínio ou de plástico, bebe cerveja ou Coca-cola. Dorme

sobre folhas recuperadas de espuma de poliestireno, e veste camisetas com inscrições à americana. Dança com músicas sincréticas, nas quais os ritmos de sua tradição entram numa orquestração vinda da América, veiculando a memória do que seus antepassados escravizados levaram para lá. Esse africano, transformado em objeto do mercado mundial, tornou-se também sujeito de um Estado formado com base no modelo ocidental. Assim, para o melhor e para o pior, cada um de nós, rico ou pobre, traz em si, sem saber, o planeta inteiro. (grifo nosso)

A terceira metáfora: “a natureza se regenera por si mesma” se contrapõe ao conhecimento científico de ciências como ecologia ou geologia e contribui para que as teorias econômicas continuem sustentando o mercado mundial ou “globalizado”, do qual sem dúvida nenhuma, fazemos parte, pobres ou ricos.

Essa temática está relacionada com a exploração dos recursos naturais – combustíveis fósseis, economia e política mundial. Em Sagan (1998, p. 111-2) podemos ler sobre o assunto, sem encontrar as metáforas ou jargões cristalizados do discurso ambiental:

Aprendemos a extrair o carvão da terra e a fazer buracos profundos no solo para que o gás e o óleo profundamente soterrados, comprimidos pela sobrecarga de pedras, pudessem jorrar para a superfície. Finalmente, essas substâncias passaram a dominar a economia. Elas propiciaram a propulsão para a nossa civilização tecnológica e global.

A nossa civilização funciona pela queima dos resíduos de criaturas humildes que habitaram a Terra centenas de milhões de anos antes que os primeiros humanos aparecessem na cena. Se voltarmos o pensamento para o tempo em que nosso único combustível era a madeira, adquiriremos uma noção dos benefícios que os combustíveis fósseis nos proporcionaram. Eles também criaram enormes indústrias globais, com imenso poder financeiro e político – não apenas os conglomerados

de óleo, carvão e gás, mas também indústrias subsidiárias inteiramente (automóveis, aviões) ou parcialmente (produtos químicos, fertilizadores, agricultura) dependentes dessas fontes de energia. Essa dependência significa que as nações tudo farão para preservar suas fontes de suprimento. Os combustíveis fósseis foram fatores importantes na condução das duas guerras mundiais.

Cerca de 30% de todas as importações de óleo dos Estados Unidos vêm do golfo Pérsico. [...] O óleo constitui mais da metade de todos os déficits da balança de pagamentos norte-americana. Os Estados Unidos gastam mais de 1 bilhão de dólares por semana com a importação de óleo do exterior. A conta da importação de óleo japonês é mais ou menos igual. A China – com uma demanda crescente de automóveis – pode atingir o mesmo nível no início do século XXI. Os economistas apresentam roteiros em que aumentos nos preços de óleo provocam inflação, taxas de juros mais elevadas, menos investimentos em novas indústrias, menos empregos e recessão econômica.²²

[...] A produção global de petróleo é de cerca de 20 milhões de barris por ano, por isso a cada ano consumimos aproximadamente 2% das reservas comprovadas. É de pensar que vamos **esgotar as reservas** muito em breve, talvez nos próximos cinquenta anos. (grifo nosso)

Esgotar as reservas naturais tem sido nossa prática. Porém, na maioria dos casos, como a do petróleo, embora

²² Interessante notar que, ainda nesse texto, Sagan comenta que naquela época quando escrevia seu livro (1995 ou 1996) o custo nominal do petróleo cru era de quase 20 dólares por barril. Hoje, em março de 2000, o preço do petróleo cru é de 31 dólares por barril, considerado o valor mais alto depois da Guerra do Golfo Pérsico (dados publicados na Folha de São Paulo, em 10/03/2000: “Petróleo volta a oscilar e fecha em alta”). Com esses dados, tornar-se fácil trabalhar as dimensões qualitativas e quantitativas preconizadas em “nossa educação científica”. Isto é, em três anos, o custo do petróleo aumentou aproximadamente 50%, que perspectivas temos para o futuro?

continuem sendo encontradas novas reservas inexploradas, a natureza não está repondo o óleo que foi consumido em tão pouco tempo. Acompanhemos as informações de Campos (1994, p. 8):

Houve um tempo em que restos marinhos de microfauna e microflora se misturaram com lama e areia formando depósitos sedimentares. Desde a era Paleozóica, a parte orgânica dessa matéria foi se deslocando entre as rochas porosas e permeáveis até armazenar-se sob a forma de petróleo. A grande parte das reservas de que dispomos foi produzida a partir de 65 milhões de anos no período Terciário. Ciclos de 15 milhões de anos são necessários para o Planeta produzir naturalmente o petróleo, só consumido significativamente na virada do século XIX com os automóveis a gasolina. Em 1970, seus tamanhos foram reduzidos face à alta mundial dos preços do combustível. Em 1991, na guerra do Golfo Pérsico, a acirrada disputa pelas reservas unida ao consumo excessivo, sugere um possível esgotamento do petróleo mundial durante cerca de 150 anos, sem que o Planeta tenha tempo de reproduzir suas reservas. Isso significaria que o consumidor de petróleo age num ritmo cerca de 100 mil vezes mais rápido do que seu produtor natural.

Podemos dizer o mesmo para as minas de carvão, esgotadas, ou seja, não há a suposta regeneração da natureza, pelo contrário, resta-nos apenas uma paisagem desoladora, fria, sem vida, como pude constatar visitando áreas impactadas das minas de carvão, no município de Criciúma, SC e na região de Candiota e Bagé, RS. Embora existam experiências de fossilização feitas em laboratório (Rohde, 1996), dificilmente esses “fósseis experimentais” poderão constituir futuras reservas de petróleo ou carvão.

As implicações em torno dos combustíveis fósseis, vão muito além das políticas e economias internacionais: elas afetam a vida de todos os seres vivos.

Apenas no primeiro trimestre do ano 2000, houve dois ou mais vazamentos de óleo (ou produto químico) que afetaram ambientes aquáticos no mundo. Um deles foi no Rio de Janeiro, quando um vazamento de petróleo da Refinaria Duque de Caxias, espalhou 1,3 milhão de litros de óleo na Baía de Guanabara, provocando o pior “desastre ambiental” do Brasil desde 1975. Alguns dias depois, uma embarcação fluvial da multinacional Texaco causou um vazamento de 500 a 1000 litros de combustível que atingiu uma área de 4.000 m² no leito do rio Pará, no município de Barcarena, PA, provocado por uma ruptura na bomba de sucção. Esse vazamento foi considerado de “menores proporções” pelos telejornais brasileiros e do IBAMA²³. O litoral norte gaúcho, na segunda semana de março, também foi alvo de um vazamento de petróleo (18 mil litros) pela Petrobrás, que poluiu 3 km de praia²⁴.

Como vemos, as empresas petrolíferas se mostram muito displicentes em seus procedimentos de exploração (desde a extração até o transporte e distribuição), causando prejuízos radicalmente incalculáveis (não é mera força de expressão) e irreparáveis nas bacias hidrográficas de norte a sul do Brasil. E nós o que fazemos? Será que ficar indignado resolve alguma coisa²⁵? Precisamos pensar mais sobre isso,

²³ Folha de São Paulo, 10/03/2000: “IBAMA aguarda análise para multar Texaco por vazamento”.

²⁴ Folha de São Paulo, 14/03/2000: “Governo do RS multa estatal em R\$ 500 mil por vazamento”.

²⁵ Entendemos que não é possível assumir que todos ficam indignados com a ciência desses fatos. Será que a simples atitude de indignação seria suficiente para nos motivar ao menos minimizar esta situação?

pois o perigo de contaminação das águas não existe somente no Brasil. Na Europa, em fevereiro ocorreu o vazamento de cianeto no rio Tisza, também um dos maiores desastres ecológicos, só no primeiro dia de vazamento matou 15 toneladas de peixes. O rio nasce na Romênia, cruza a Hungria e deságua no famoso rio Danúbio, na Iugoslávia. Além desses problemas “localizados” ou “pontuais” como costumamos dizer, temos outros que afetam a temperatura da Terra. Vejamos em Sagan (1998, p. 113 e 115):

Agora, os governos e os povos da Terra estão se tornando gradativamente conscientes de mais uma outra conseqüência perigosa da queima de combustíveis fósseis: se queimo um pedaço de carvão, um galão de petróleo ou trinta centímetros cúbicos de gás natural, estou combinando o carbono no combustível fóssil com o oxigênio do ar. Essa reação química libera uma energia trancada há talvez 200 milhões de anos. Mas ao combinar um átomo de carbono, C, com uma molécula de oxigênio, O₂, também sintetizo uma molécula de dióxido de carbono, CO₂. (C+O₂ → CO₂). E CO₂ é um gás estufa. (p. 113)

A nossa vida depende de um equilíbrio delicado de gases invisíveis que são componentes secundários da atmosfera da Terra. Um pouco de efeito estufa é muito bom. Mas se acrescentamos mais gases-estufa – como temos feito desde o início da Revolução Industrial – absorvemos mais radiações infravermelhas. Tornamos o cobertor mais espesso. Aquecemos ainda mais a Terra. (p. 115)

Diante dessas temáticas, seria bom evitarmos a repetição de jargões como “a pobreza causa problemas ambientais” e “a natureza se recompõe infinitamente”. É comum encontrarmos crianças e adultos (educadores, políticos, jornalistas, ambientalistas etc.) falando do tal “equilíbrio

ecológico”. Nas práticas de educação ambiental, a quarta metáfora – a do equilíbrio – torna-se por vezes, irritante para aqueles que se preocupam com o conhecimento científico dos estudantes. Então, fomos buscar em alguns clássicos da ciência moderna, as noções acerca de *equilíbrio natural*, *da natureza* e *equilíbrio ecológico*.

Parece-nos, lendo Acot (1990), Dorst (1993), Mayr (1998) e reflexões como a de Mazzotti (1998) que a noção de equilíbrio está vinculada a um paradigma anterior ao evolucionismo em que a natureza era considerada algo estático, isto é, sem movimento ou transformação.²⁶ De Aristóteles a Lineu podemos dizer que as plantas e os animais eram imutáveis e sem movimento.

A idéia de equilíbrio está, nesse sentido, ligada a uma natureza que não sofre interrupções ou mudança. Com Buffon, Lamarck e Darwin aprendemos a conhecer uma outra natureza: que sofre mudança, que regride, enfim, mutável e adaptável a condições físicas ou biológicas.

O conhecimento biológico, como colocou Dorst, difere e difere do que alguns pensadores como *Jean-Jacques Rosseau*

²⁶ Nas duas gerações anteriores a Darwin, teve origem uma mudança profunda na interpretação humana da natureza. Os teólogos naturais retomaram um tema que já era popular entre certos filósofos gregos – o de que a interação entre animais e plantas e o seu meio ambiente ostentava uma harmonia maravilhosa. Todas as coisas estavam ordenadas de tal forma que se mostravam em equilíbrio com tudo o mais [...] A idéia de uma interdependência bem ordenada das várias formas de vida constituía evidência da sabedoria e da bondade do Criador (Derham apud Mayr, 1998, p. 539). Para Mazzotti (1998, p. 241-243) alguns temas do discurso ambiental, como o “equilíbrio estável” têm suas raízes em determinadas interpretações da vida social [...]. Os ambientalistas, ao considerarem que só há equilíbrio estático na natureza, reivindicam a estabilidade social e cultural, com base em uma maneira de ver o mundo análoga à aristotélica, a qual, por sua vez, aparece nos modelos da economia política que postula o equilíbrio por meio do mercado (p. 243).

e *Bernardin de Saint-Pierre*, pensavam da natureza. A concepção de equilíbrio parece de um lado estar inserida na metáfora da máquina (Canguilhem, 1977) (regulação) própria do século XVIII e de outro lado, a idéia de harmonia e felicidade.

Para o conhecimento biológico que nasceu com o evolucionismo e, portanto, rompeu com o paradigma²⁷ de uma natureza estática, tomou equilíbrio em uma perspectiva dinâmica, em que os processos *homeostase* e de *homeorrese*, conforme Waddington apud Bellini (1993), descrevem um caminho de equilíbrio – desequilíbrio ou como auto-regulação.

Pensamos que todas essas noções e metáforas – “o homem destrói a natureza”, “pobreza e pressão sobre o meio ambiente”, “a natureza se regenera por si mesma” e “equilíbrio ecológico” – suprimem a complexidade²⁸ da ciência ecológica, de uma possível educação científica e ambiental, pois reduzem-se a discursos que não se comprometem, afinal, com a compreensão da dinâmica biológica, social e cultural de nosso mundo. Mayer (1998, p. 223-224), fala dessa *relação existente entre a educação na complexidade e a educação ambiental* e aponta para uma revalorização das incertezas:

O principal problema em um mundo que já não é mecânico e previsível é o de aceitar conviver com a incerteza. A necessidade de certezas, ainda que sejam limitadas no espaço e no tempo, é por um lado, uma exigência prescindível da natureza humana. O problema não é, portanto, renunciar a todas as certezas, mas reconhecer os níveis em que tais certezas se podem buscar.

²⁷ Entenda-se por paradigma, a concepção de Thomas Kuhn (1975) ao identificar diferentes padrões de pensamento em determinadas épocas da história da ciência.

²⁸ Ver o capítulo “Para o pensamento complexo”, do livro *Ciência com consciência* de Morin (1998).

Para construir uma educação ambiental e científica, precisamos nos entender como parte de um todo indivisível e cheio de incertezas. Como numa rede de múltiplas interconexões e sistemas. Como nos disse Sagan (1998, p. 77):

Não há garantia de que seremos bastante sábios para compreender o nosso sistema ecológico fechado em todo o planeta ou modificar o nosso comportamento de acordo com esse entendimento.

*O nosso planeta é indivisível. Na América do Norte, respiramos oxigênio gerado na floresta tropical brasileira. (sic) A chuva ácida das indústrias poluentes no meio oeste norte-americano destrói florestas canadenses. A radioatividade de um acidente nuclear na Ucrânia compromete a economia e a cultura na Lapônia. A queima de carvão na China aquece a Argentina. Os clorofluorcarbonetos liberados por um ar condicionado na Terra-Nova ajudam a causar câncer de pele na Nova Zelândia. Doenças se espalham rapidamente até os pontos mais remotos do planeta e requerem um trabalho médico global para serem erradicadas. E, sem dúvida, a guerra nuclear e um impacto de asteróide representam um perigo para todo o mundo. **Gostando ou não, nós humanos, estamos ligados com nossos colegas humanos e com as outras plantas e animais em todo o mundo. As nossas vidas estão entrelaçadas.** (grifo nosso)*



2.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO EDUCAÇÃO CIENTÍFICA:

desafios para compreender ambientes sob impactos

A ecologia não é um sistema geral de explicação do mundo, mas um procedimento essencialmente pragmático, feito de constatações e de participações pontuais nas instâncias de decisão, cujo objetivo é a lenta reforma dos comportamentos técnico-econômicos cotidianos, a melhoria, passo a passo, do meio de vida dos países industrializados e a supressão paulatina das injustiças que atingem o Terceiro Mundo. Outros atribuem à ecologia ambições mais amplas, não tanto, aliás, do ponto de vista prático, mas sim teórico. Situando-se em uma fronteira flutuante entre os modos de pensamento antigos e novos, a ecologia permitiria à humanidade libertar-se de sua excessiva confiança na ciência, economia e tecnologia, graças à conscientização da complexidade planetária crescente das relações entre o homem e a natureza. Extraindo lições do passado, dos seus erros tanto quanto de seus acertos, ela acabaria com o mito do progresso indefinido sem cair, entretanto, no idealismo e na ineficácia. Ao mesmo tempo científica, atuante e humana, ela deveria engendrar, no homem de ciência, naquele que toma as decisões ou no cidadão comum, uma consciência e hábitos novos, combinando o respeito à natureza e as necessidades da arte humana. Ela encarnaria, em uma palavra, o humanismo do futuro. Outros, enfim, reconhecem na ecologia um estatuto

ainda mais ambicioso. Ela não seria apenas uma forma renovada do humanismo, mas representaria uma verdadeira revolução cultural, uma modificação completa dos modos de apreensão e de agir no mundo, baseada, em última instância, naquilo que se costumou chamar uma abordagem sistêmica.

(Alphandéry et. al. *O equívoco ecológico*, 1992)

As idéias de Alphandéry et al. (1992) expostas acima traduzem uma paixão pela ciência ecologia e nos levam a pensar que esta é vital para compreender as complexas relações entre seres humanos e os outros seres da imensa cadeia natural.

Mais do que em todas as décadas do século XX, nessas últimas, cada vez mais, são necessárias as lições de ecologia e ainda o seu aprofundamento como ciência. Cientistas e pensadores desse século, como “os irmãos Odum”, Smith, Margalef, Fenchel, Morin, Peters, Ehrlich, Acot entre outros, apontam o quanto tem sido importante a sensata aplicação desse conhecimento para a proteção dos ambientes naturais e da própria existência dos seres humanos na Terra.

Tomando as leituras desses e outros autores, pontuaremos algumas questões da Ecologia, enquanto uma ciência contemporânea (a despeito das importantes raízes históricas da ecologia, contadas por Odum (1988), Acot (1990) ou Smith (1992) que nos fornecem os conhecimentos científicos para que possamos estudar e compreender (até onde é possível) os impactos ambientais provocados pelas políticas econômicas de diversos países.

A ecologia científica tradicional, que teve suas origens na Biologia no final do século XIX, era reconhecida apenas pelo mundo acadêmico até a década de 1960. Nessa época, segundo Mayr (1998, p. 145): *a ecologia permaneceu por*

muito tempo bastante estática e descritiva; milhares de escritos, tratando literalmente do número de espécies e de indivíduos, dentro de determinada área bem delimitada, devido às suas inúmeras subdivisões, tais como ecologia vegetal, animal, auto-ecologia, ecologia da dinâmica de populações etc.

Nos cursos de biologia, pelo menos nos países desenvolvidos, no período que antecedeu a década de 70, a ecologia teve pouco espaço e importância. Segundo Fenchel (1987) *aproximadamente há trinta anos, a ecologia era tratada em apenas uma página do seu livro de biologia*. Durante as décadas de 60 e 70, houve uma rápida disseminação pública do termo “ecologia” ao mesmo tempo em que essa ciência adquiria o status de uma disciplina acadêmica constituindo novos cursos e departamentos dentro das universidades da Europa e América do Norte.

Thomas (1995) relatou que, na Inglaterra, desde o início dos anos 40 e 50, são comuns os cursos de ecologia e que existe uma longa tradição na realização de cursos “não-vocacionais” (ou extra-classe) de ecologia dirigido à educação de adultos. Para o autor, a ecologia teve ainda importante lugar nesse tipo de educação, porque nas escolas e universidades, as vezes, os alunos se sentem forçados a estudar ecologia como uma parte obrigatória de muitos programas, ao contrário do interesse demonstrado pelo público em geral. Esse interesse vem da popularidade dos documentários sobre natureza, os quais preservam a “história natural científica” que transmitem o mundo da ciência de uma maneira agradável, significativa e “digerível”.

A partir dos anos 70, o movimento ambientalista mundial apropriou-se dos conhecimentos científicos da ecologia moderna para tentar resolver os problemas ambientais resultantes do modelo de desenvolvimento econômico dominante²⁹.

Retomando o caminho traçado pela ciência ecologia, vemos que as diversas concepções de natureza estiveram sempre presentes. Em Goethe (1749-1832), que não era um ecólogo, já encontramos evidências da concepção organística de natureza, no belíssimo poema, intitulado *A Natureza*. Mais tarde, essa natureza, torna-se objeto de observações, teorias e experimentações dando lugar a uma ecologia descritiva, que tratou da estrutura e função das populações, comunidades e ecossistemas. Baseados nessas experimentações, os ecólogos puderam desenvolver modelos matemáticos ou de simulação dos fenômenos da natureza e/ou ambientes, desenvolvidos para prever novos fenômenos ou fornecer uma melhor compreensão sobre a vida. Para Morin (1980, p. 89) essa nova ciência, conhecida como ecologia geral, aprofundou os conhecimentos acerca da natureza. Escreveu o autor:

Enquanto a ciência clássica fragmenta os fenômenos e impede toda a tomada de consciência molar ou global, a nova ciência ecológica faz surgir, por si mesma, problemas simultaneamente fundamentais e urgentes concernindo a vida da natureza, a vida das nossas sociedades, a vida nas nossas sociedades. Melhor ainda, a ecologia geral suscita o problema da relação homem/natureza no seu conjunto, na sua amplitude, na sua atualidade. Suscita um problema de vida, de morte, de devir, para a espécie humana e para a biosfera. [...] A ecologia geral é a primeira ciência que, enquanto ciência [...] apela quase diretamente para uma tomada de consciência. E é pela primeira vez que uma ciência, e não uma filosofia, nos põe o problema da relação entre a humanidade e a natureza viva.

²⁹ Alphandéry et al. (1992), Leis (1995), Viola & Leis (1995), Leis & D'Amato (1998) e Morin & Kern (1995). Nesse período ocorreu uma explosão da sensibilidade ecológica nos países ocidentais, provocada em parte pela sucessão de catástrofes provocadas, especialmente pelas indústrias químicas, petrolíferas e nucleares.

Muito recentemente, a ecologia que se consagrou pelo *estudo dos ecossistemas*, recebeu um novo ânimo devido a sua “maioridade” como uma disciplina integradora de processos físicos e biológicos, bem como das relações entre as ciências naturais e sociais. Todavia, como colocou Fenchel (1987), a visão integradora da disciplina de ecologia, aos poucos, foi sofrendo excessiva especialização e fragmentação. Por esse motivo, é comum encontrarmos “dezenas de ecologias”, denominadas como ecologia humana, ecologia social, ecologia de sistemas, ecologia cultural, ecologia aplicada, ecologia profunda, etc. Essa variedade de “ecologias” por um lado, permite-nos maior conhecimento das relações entre as diferentes dimensões da rede natural e social, por outro pode ter contribuído para a banalização do termo ecologia, que ainda é equivocadamente, designado como ambiente, natureza ou ciência ambiental.³⁰

Ressaltamos, no entanto, que a concepção de ecossistema, influenciou definitivamente o atual pensamento ecológico levando, assim a uma abordagem sistêmica da ecologia, bem como de outras concepções ecológicas subsequentes, como a *ecologia de redes* – tratada pelo ecólogo Bernard Patten³¹. Segundo Capra (1996, p. 45):

³⁰ A distinção dos significados dessas palavras pode ser encontramos em Fenchel (1987), Caldwell (1990) e Smith (1992).

³¹ No artigo *Network ecology: indirect determination of the life-environment relation in ecosystems*, mesmo utilizando as expressões de Goldsmith, Patten (1991, p. 289-293) é um dos poucos ecólogos que referencia as obras do filósofo Whitehead e aos biólogos Woodger, Waddington e Piaget. Para os autores, a *ecologia “sem-sistema” não leva em consideração os escritos* desses expoentes da ciência. Entendemos que Patten apresenta algo de novo na ecologia de sistemas, quando disse: *Esta foi minha hipótese de trabalho sobre os sistemas, e nos anos recentes, eu tenho perseguido os fenômenos de efeitos indiretos nas duas dimensões*

Nestas últimas décadas, a perspectiva de rede tornou-se cada vez mais fundamental na ecologia. Como [...] Patten se expressa em suas observações conclusivas numa recente conferência sobre redes ecológicas: “Ecologia é redes [...]”. Entender ecossistemas será, em última análise, entender redes”. [...] a concepção foi a chave para os recentes avanços na compreensão científica não apenas dos ecossistemas, mas também da própria natureza da vida.

Na ecologia que foi disseminada pelos “quatro cantos do mundo”, distinguimos dois eixos de discussão, um dos cientistas, ecólogos e ambientalistas e outro dos políticos, industriais, consumidores e leigos.³² Para Alphanbéry et al. (1992, p. 7) a situação podia ser assim resumida: *Os políticos pretendem pensar “verde”, os cientistas, proteger a Terra, os industriais, vender produtos “limpos”, os consumidores,*

qualitativa e quantitativa. Este é o principal esboço dessa busca, especialmente alguns novos desenvolvimentos que estão se formando agora, que eu apresentarei aqui como uma forma de demonstrar o futuro potencial da abordagem de rede para uma nova perspectiva para as antigas discussões da ecologia [...] como também expor novas classes de discussão (tais como a hipótese dos efeitos indiretos acerca da natureza) da realidade e da vida comunal nela embutida.

³² Em nossa interpretação, podemos observar que existe apenas um único eixo – o das elites, porque para a população em geral, a maioria pobre, leiga, excluída ou “descartável”, cabe apenas acusação de que são os causadores da crise ambiental. Isto é, a maioria da população vem sendo acusada sem saber que é a causadora de problemas, enquanto que na realidade, são os que mais sentem os efeitos advindos desses problemas, a citar: a destruição dos ecossistemas aquáticos (como os barramentos em rios, a poluição química) e a destruição das florestas nativas. Como disse Santos (2000, p. 6): *Mas deixemos de lado os excluídos, pois, embora imersos na carência criada pelo capitalismo, não participam do universo do consumo – o que, no Brasil, sempre é bom lembrar, significa mais ou menos uns 70% da população. Fiquemos apenas com a sociedade dos incluídos.* Mas, embora os “excluídos” não se filiem a nenhum “eixo”, vemos que estes “pobres” têm colaborado com programas ambientais sérios, quando eles existem.

começar a mudar seus comportamentos, e os habitantes das cidades e dos campos, defender seu espaço de vida. Passados oito anos, a situação é muito diferente, parece que a ciência ecologia não participa mais do discurso que “governa” o mundo. Como pontuou Laymert Santos, em recente artigo na Folha de São Paulo, de 27/03/2000:

A globalização parece ser a consagração máxima do capitalismo, a sua expansão tanto no plano macro quanto no micro a níveis até então inimagináveis. Ora, desde o início da década de 70, Deleuze e Guattari já advertiam que o capitalismo vive da carência, que a falta é constitutiva do seu sistema de produção e consumo. Mas eles não estavam se referindo à carência por necessidade, que escraviza os pobres, e sim à carência no âmbito do desejo, que move o impulso do consumidor ocidental. Como se a miséria material dos pobres correspondesse a miséria libidinal dos ricos, habilmente manipuladas pelas forças do mercado.

Se isso é verdade, dada a penetração ao mesmo tempo global e molecular do capitalismo contemporâneo, faz sentido então pensar que a carência atinge agora uma dimensão gigantesca – buraco tanto maior na medida em que a crise ambiental dos anos 80 explicitou para as consciências os limites da exploração da natureza e, com eles, a insustentabilidade do crescimento econômico. Instaurou-se, assim, como que uma espécie de situação exasperante: pois no momento mesmo em que as forças do capitalismo penetravam em toda a parte, suscitando novas demandas, abrindo e aprofundando carências reais e imaginárias, ficava evidente que o sistema passara a ser excludente por não poder incorporar a todos no universo dos consumidores.

Nesse universo do consumo, vemos que a ecologia “salvadora de todos os problemas” perdeu seu espaço e sua importância, pois segundo Laymert (2000, p. 8): a evolução

do capitalismo contemporâneo está se encarregando de destituir a cidadania em todas as frentes. [...] Tanto os incluídos quanto os descartáveis encontram-se nus, diante do futuro.

Diante dessas reflexões “aterradoras”, usando a expressão de Laymert, devemos perguntar: Como conseguiremos atrair a atenção da população em geral para os estudos e pesquisas científicas ecológicas?

Um dos caminhos, foi apontado por Peter Thomas e Frank Golley (1995), quando disseram que a ecologia tem um importante papel na educação. Na experiência de Thomas, há uma necessidade contínua em estimular o conhecimento ecológico no público em geral, sobretudo com adultos, visando a compreensão de como os ecossistemas locais funcionam e da necessidade de se protegê-los; bem como da compreensão dos problemas ecológicos globais e locais.

Em nossa perspectiva, a ecologia poderá atrair a atenção das pessoas por meio de uma educação ambiental entendida como educação científica, envolvendo as cinco dimensões propostas no capítulo anterior, ou seja, há que se distinguir as diferentes ciências e seus objetivos; as ciências biológicas são experimentais e nem a escola, nem outras instituições educacionais podem prescindir das atividades de laboratório ou de campo; é necessário a reunião do espaço qualitativo e quantitativo (como mostrou Piaget (1998)); os conhecimentos biológicos, na educação devem desenvolver-se junto às outras ciências em uma dimensão interdisciplinar ou “multidisciplinar”. Nesse sentido, outros caminhos são indicados quando consideramos que, nos últimos anos, tivemos constante acesso às informações científicas provenientes de estudos ecológicos.

Desde as décadas de 50 e 60, os estudos ecológicos contribuíram para o surgimento dos primeiros sinais de uma preocupação mais popularizada com o meio ambiente, fato

que de certa maneira caracterizou um *medo ecológico planetário*³³. Entre outros autores, Odum (1989) referencia os trabalhos científicos que contribuíram para a elaboração de vários “relatórios ecológicos” provenientes de conferências internacionais realizadas para tratar dos principais problemas ambientais. Após a última conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) realizada em junho de 1992, no Rio de Janeiro, algo diferente aconteceu além dos acordos e declarações de boas intenções para com o “clima, biodiversidade e desenvolvimento sustentável do planeta”, – no Brasil, rapidamente os seus habitantes “mergulharam em uma onda ecológica, tornando-se cidadãos ambientalmente conscientizados”.

Muitos geólogos, biólogos, agrônomos, engenheiros, economistas entre outros profissionais, começaram a desenvolver trabalhos na área ambiental com mais frequência do que o habitual, influenciados por uma demanda crescente das expectativas de uma educação ambiental (que nem sempre levou em consideração a importância dos estudos ecológicos, muito menos, de uma educação científica) e da vigência da legislação brasileira, considerada por muitos “conservadores ou otimistas” como uma “excelente legislação ambiental”, comparável à dos países do Primeiro Mundo.

³³ O medo ecológico planetário, representa para Alphanbéry *et al.* (1992, p. 27) a situação histórica das várias dimensões da sensibilidade ecológica, fundamentada *no medo das catástrofes e na tomada de consciência da vulnerabilidade de um mundo que, ao ter levado milhões e milhões de anos para se formar, poderia se desfazer muito rapidamente – no momento menos devido às ameaças da guerra atômica do que pela acumulação de poluições [...]* e também por um mal-estar profundo nas sociedades em que acumulam as mercadorias e os resíduos enquanto se artificializam cada vez mais as relações dos homens com seu meio ambiente.

De lá para cá, os desdobramentos dessas atividades em educação ambiental nos vários estados brasileiros aumentaram na mesma proporção que as publicações desses trabalhos em congressos, seminários, artigos e livros, entre eles, destacamos: Dias (1993), Barreto (1993), Guimarães (1995), Sorrentino (1993;1995), Bortolozzi (1997), Carvalho (1997), Leonardi (1997) e Mazzoti (1994, 1997). No que se refere às mobilizações globais e locais dos ambientalistas, ficou aparentemente relegada ao Greenpace, uma das poucas organizações não-governamentais (ONGs) atuantes no mundo. Aqui, vale lembrar as colocações de Leis & D'Amato (1998, p. 81-2) quanto ao ambientalismo:

Seria ingênuo não perceber que um ambientalismo que nas últimas décadas vem recebendo a forte influência e participação de atores provenientes dos setores político e econômico, marcado por valores e práticas tradicionais orientados para o conflito e a competição nos terrenos bens materiais da riqueza e do poder, corre riscos de ser colonizada e perder sua força ética e vital. A rigor, o processo de emergência do ambientalista tem partido nos anos 50 e 60 de setores, como os cientistas e as ONGs, que normalmente possuem valores e práticas muito mais orientados para a cooperação e a solidariedade do que os políticos e empresários.

Particularmente, acredito que “aquele medo ecológico” que deu ímpeto à várias ações tanto na área científica como ambientalista, infelizmente, não nos afeta ou comove mais. O mais recente relatório do *Worldwatch Institute Report: State of the world, 2000*, coordenado pelo ambientalista Lester Brown³⁴, sequer foi divulgado a contento nos meios de

³⁴ A referência que tivemos desse relatório foi a entrevista que Lester Brown cedeu ao Programa Roda Viva da TV Cultura, em 24/01/2000.

comunicação de “massas” e, tampouco, afetou a elite política e econômica que, inclusive, diz mentiras (ou omite informações sérias) sobre esse relatório.

Isso significaria dizer que estamos diante de uma nova face da crise ambiental? Não sabemos responder, mas pensamos que o discurso antropocêntrico veiculado pela mídia cria o que Noam Chomsky (Chomsky..., 1992) chamou de “o consenso fabricado”. Ou dito de outra forma, as mentiras sobre como vivemos em relação com o mundo natural, continuam legitimando o *consenso ecológico*.

Como escreveu Santos (2000, p. 6):

Sua “demarche” lembrou-me o itinerário exemplar do militante socioambientalista Alan Durning, que começou estudando as razões que impelem os pobres do Terceiro Mundo a destruírem o ambiente e depois, remontando as conexões, acabou descobrindo que o problema do esgotamento dos recursos do planeta se encontrava no desperdício das camadas privilegiadas dos países do Norte.

Num livro que interroga as razões e os limites da insaciabilidade consumista dos desenvolvidos, Durning escreve: “No início dos anos 90, os americanos médios consumiam, direta ou indiretamente, 52 quilos de materiais básicos por dia: 18 quilos de petróleo e carvão, 13 de outros minerais, 12 de produtos agrícolas e 9 de produtos florestais. O consumo diário nesses níveis traduz-se em impactos globais que se equiparam às forças da natureza. Em 1990, as minas que exploram a crosta terrestre para suprir a classe consumista moveram mais terra e rocha do que todos os rios do mundo juntos. A indústria química produziu milhões de toneladas de substâncias sintéticas, mais de 70 mil variedades, muitas das quais mostraram-se impossíveis de serem isoladas do ambiente natural. Os cientistas que estudam a neve da Antártida, os peixes de mares profundos e as águas subterrâneas encontram resíduos químicos feitos pelo homem”.

As “carências” de países como os EUA, Europa e Japão, são mantidas às custas de um patrimônio cultural – a natureza – que é chamada de “recurso renovável”. Tais políticas chegaram ao Brasil e, hoje, somos o terceiro país que mais desmatou florestas no mundo todo. A América Latina (Mirez [19--], Jimenez [19--]), suas montanhas, rios e árvores são o “novo” centro de recurso para suprir as carências do consumo global.

Do ponto de vista ideológico, vemos um “consenso fabricado”: a natureza como recurso ou patrimônio (das elites) econômico ou mais recentemente, como recurso sustentável. Vejamos o que Chomsky (1997, p. 129) fala dessa construção consensual ao ser entrevistado por um radiouvinte da *Rádio Alternativo*, de Barsamian:

O que está acontecendo com as economias em crescimento do Sudeste da Ásia, da China etc? Serão outros exemplos da exploração capitalista ou podemos esperar delas algum tipo de mudança?

Hoje, a situação das economias é catastrófica. Em países como a Tailândia e a China, o horizonte nos anuncia verdadeiras catástrofes ecológicas. São países cujo crescimento está sendo alimentado por investidores internacionais para quem o ambiente é uma “externalidade” (quer dizer: não é preciso prestar atenção a ele). Assim, não há mal em destruir as florestas da Tailândia, por exemplo, desde que com isso se produza um lucro no curto prazo. Na China, poderiam ocorrer no futuro próximo desastres extraordinários, simplesmente em função do tamanho do país. O mesmo acontece em todo o Sudeste asiático.

Mas quando as pressões ambientais aumentam de tal forma que ameaçam até mesmo a sobrevivência do povo, haverá alguma alteração nessa conduta?

Não se o povo não reagir. Se o poder for deixado em mãos de investidores transnacionais as pessoas acabarão morrendo.

Se tomarmos a natureza como patrimônio cultural estaremos falando de uma parte de nossa humanidade em questão da manutenção da água, da terra para produção de alimentos ou das florestas que abrigam animais e plantas, trata-se de uma questão de sobrevivência de todos os seres vivos. O ritmo acelerado da economia capitalista de transformar e dilapidar esse patrimônio cultural fez com que cientistas, militantes ambientalistas percebessem os perigos à que estamos submetidos. Muitos desses perigos³⁵, tornaram-se verdadeiras catástrofes ambientais. Rohde (1994, p. 16) comenta as mais freqüentes entre nós:

...as catástrofes que ocorrem cotidianamente (enchentes, deslizamentos, terremotos etc) têm causas naturais (os fenômenos físicos, geológicos ou naturais) e causas artificiais (a interação com determinada estrutura de organização da Sociedade), havendo casos extremos onde as causas são – tão somente – naturais ou artificiais; a maioria das catástrofes já ocorridas (e registradas pela História) e dos riscos/perigos atuais (estudados pelas Ciências) são resultado da ignorância quase absoluta em relação ao funcionamento da Terra e da organização da Sociedade.

No entanto, sabemos que existem outras, mais sofisticadas do ponto de vista científico, como o rompimento da fina camada de ozônio, o efeito estufa que ameaçam nossa vida no planeta. Daí, as tentativas para compreender o complexo funcionamento da Terra e da natureza cujos estudos

³⁵ Um dos perigos é conhecido como *terremotos induzidos pelo homem*, segundo Veloso (1992, p. 67) do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, é comum o surgimento da sismicidade induzida em decorrência da formação de grandes lagos artificiais. No Brasil há muitas barragens de grande porte que originaram extensos reservatórios. Em alguns, foram detectados tremores de terra.

aumentaram a partir da década de 70, provenientes da interdisciplinaridade entre as ciências e a tecnologia.

Até mesmo o “distante” mundo da arte aproxima-se à ciência quando muitos perceberam as catástrofes ambientais e humanas. Essa percepção é também uma recusa em aceitar o mundo em migalhas proveniente da erosão de nosso patrimônio comum, a natureza e suas conexões.

O filme “Sonhos” de Akira Kurosawa revela – pelas imagens e diálogos – que o descarte do “velho”, das árvores, das flores, das tradições também significa a supressão da vida. *O direito de existir passa a coincidir com o direito de consumir* (Santos, 2000, p. 6). A desvalorização da natureza como patrimônio cultural é também a desvalorização da existência humana.

NOSSO MAIOR PATRIMÔNIO CULTURAL: ÁGUA DA CHUVA, ÁGUA DE RIO, ÁGUA DE MAR, ÁGUA DE FOLHA, ... ÁGUA DA VIDA

Nos dias de hoje encontramos na literatura da ecologia e áreas afins, muitos relatos e histórias boas; as ruins, como disse um poeta brasileiro, vemos todos os dias na televisão como as águas do mundo estão sendo tratadas.

No ano passado, minha orientadora trouxe ao nosso grupo de estudos do mestrado, um documentário audiovisual³⁶ belíssimo sobre a vida de rios e das comunidades, que com eles se relaciona. São imagens que me deixaram encantada e entusiasmada, “os olhos d’água que brotam da terra, jorrando suavemente, jatos de água para assim formar um pequeno

³⁶ *The Nature of things: green zone*. David Suzuki, produzido por Ray Burley [199-], década de 90.

ou grande curso d'água" – essas imagens me trouxeram boas lembranças da infância, quando naquela época não era raro encontrar uma vertente de água brotando no meio do milharal daqueles "longínquos rincões do Quaraí-mirim, Areal ou do Cati", como diriam os gaúchos dos pampas.

David Suzuki e cientistas canadenses e americanos, apresentam em *Green Zone*, um trajeto das atividades de limnólogos, ecólogos e biólogos no Canadá e EUA seguindo a vida de muitos rios da região desses países. Com uma abordagem muito especial – reunindo imagens das redes de insetos, aves, peixes, ursos, água e plantas – esses cientistas fazem-nos "escutar" o barulho da água borbulhando vidas numa perspectiva da educação científica. Narram os aspectos da vida, da dinâmica natural, dos impactos e da recuperação ambiental do rio Miramichi com uma riqueza de detalhes e conhecimentos ecológicos científicos que envolvem o telespectador no plano dessas redes de vida animal e humana.

No Canadá, sobretudo, a preocupação com os rios e lagos e outras áreas sob impacto ambiental tem sido muito profunda. No Brasil, os trabalhos parecem ser mais incipientes, mas estão em desenvolvimento. Durante os sete anos que estive envolvida em trabalhos de educação ambiental nos programas de "gerenciamento e/ou manejo dos recursos hídricos", tanto no COMITESINOS (rio dos Sinos – RS), na AMVALI (rio Itapocu – SC) e na FAEMA – (rio Itajaí e afluentes, Blumenau – SC), vivi algumas experiências igualmente ricas como a dos canadenses³⁷.

Há muitos trabalhos desenvolvidos em vários rios brasileiros (COMITESINOS, 1988, 1998; Lanna, 1995; Frank,

³⁷ Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (COMITESINOS), Associação dos Municípios do Vale do Itapocu (AMVALI) e Fundação Municipal de Meio Ambiente (FAEMA).

1996; Santa Catarina, 1996) e estes não são muito diferentes dos trabalhos realizados por Odum (1989) e Bolling (1994), entre outros. Geralmente começamos a pensar em cuidar de rios, das matas ciliares, da água que bebemos, depois que os muitos problemas tornam-se críticos com relação a boa qualidade e quantidade dos recursos naturais. Foi assim desde a antiguidade – com o rio Nilo (Egito) e na modernidade com os rios Ruhr e Reno (Alemanha), rio Ródano (França), rio Tâmsa (Inglaterra) e rio Mississipi, Ohio, Nashua, Kissimmee, Tennessee (Estados Unidos).

Todas as experiências registradas, referentes à degradação das águas nos outros países, parecem que não nos serviram de lição: primeiro destruimos os ecossistemas aquáticos de águas doces, depois tentamos “salvá-los” sem nenhuma garantia de sucesso, pois a dinâmica tecnológica/humana é muito diferente das diversas dinâmicas da natureza.

A dinâmica de um rio, por exemplo, não foge a esta poesia de Henfil (Silva, 2000):

*A lição do rio
E o rio corre sozinho.
Vai seguindo seu caminho.
Não necessita ser empurrado.
Pára um pouquinho no remanso.
Apressa-se nas cachoeiras.
Desliza de mansinho nas baixadas.
Precipita-se nas cascatas.
Mas, no meio de tudo isso vai seguindo seu caminho.
Sem ter medo da calmaria e sem evitar as cachoeiras.
Correr do jeito do rio, na liberdade do leito da vida, sabendo que
há um ponto de chegada
[...]
Sabe que há um ponto de chegada.
Sabe que seu destino é para a frente.*

*O rio não sabe recuar.
Seu caminho é seguir em frente.
É vitorioso, abraçando outros rios, vai chegando no mar.
O mar é sua realização.
É chegar ao ponto final.
É ter feito a caminhada.
É ter realizado totalmente seu destino.
A vida da gente deve ser levada do jeito do rio.
Deixar que corra como deve correr.
Sem apressar e sem represar. [...]*

Uma história que pode servir de lição foi relatada por Flanagan apud Odum (1989, p. 260), em 1972, ocorreu uma inundação devastadora no *Rapid Creek, Rapid City, ao sul de Dakota*, destruindo 160 milhões de dólares em propriedades, 1.200 edificações e matando 238 pessoas. Após a “catástrofe”, as lideranças locais juntamente com pesquisadores e planejadores criaram um programa para preservar a planície de inundação evitando futuras inundações. Os lugares atingidos pelo extravasamento natural do rio foram convertidos em áreas verdes, parques, áreas de pesca recreativa e campos de golfe, oferecendo múltiplas opções de uso comunitário.

No Brasil, boa parte das preocupações relacionadas aos nossos rios lagos e represas se intensificaram, provavelmente, na mesma época que emergiu o movimento ambientalista. As populações ou os grupos afetados por impactos ambientais começaram a ser ouvidos pelas universidades, instituições de pesquisa ambiental, órgãos do governo, empresários, sociedade civil etc. Por sua vez, o processo inverso também aconteceu, muitos estudos geológicos, hidrológicos e ecológicos foram e estão sendo levados às comunidades (COMITESINOS, 1988, 1998; Agostinho & Zalewski, 1996; Santa Catarina, 1997; Mota & Campos, 1998; Tundisi et al. [19--]; Esteves, 1999).

Mas, será que essas populações sabem o que é impacto ambiental?

Para buscar essas respostas, volto ao ano de 1988, quando pela primeira vez, me interessei por questões de impacto ambiental. Ainda cursando biologia, participei do curso de extensão: “A função do biólogo no relatório de impacto ambiental”, promovido na PUC – RS. Naquele evento, o geólogo Geraldo Rohde fez uma introdução sobre a polêmica questão dos impactos ambientais, desde os conceitos básicos, características e abordagens internacionais e estudos de caso. Explicou que, no Brasil, a avaliação de impacto ambiental surgiu em função da exigência de órgãos financiadores internacionais e só posteriormente foi incluída como parte das informações fornecidas (por uma atividade ou empreendimento poluidor) aos sistemas de licenciamento ambiental sendo, finalmente, incorporada como instrumento de execução da Política Nacional de Meio Ambiente.

No rol das atividades obrigatoriamente sujeitas à avaliação de impacto ambiental, segundo a Resolução nº 001/86, do CONAMA³⁸, a que mais me chamou a atenção, foi a avaliação das

*...obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: **barragens para fins hidrelétricos, acima de 10MW,***

³⁸ Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA considera como impacto ambiental: qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos naturais. (Juchem, 1992, p. 13-7010). É interessante lembrarmos que a “obra hidráulica – usina de Itaipu com capacidade de geração de 12,6 MW, já havia sido construída quando entrou em vigor a legislação ambiental do CONAMA.

de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques. (grifo nosso)

No que diz respeito ao cumprimento das leis ambientais no Brasil, o setor de produção energética, não vem dando bons exemplos. Haja visto as usinas hidrelétricas Tucuruí, Balbina, Itaipu, Sobradinho, Ji-Paraná, Paulo Afonso, Jupia, Porto Primavera, Itá, entre outras, parecem ter trazido mais transtornos ecológicos, sociais e econômicos do que benefícios (Fearnside, 1990, 2000; Rohde, 1990; Juchem, 1992; Dean, 1996; Almeida, 1996; Monosowski, 1998; Teixeira, 1998). A primeira vista, os benefícios a curto prazo como o aumento de energia disponível, parecem compensar os prejuízos ambientais (destruição biológica e cultural). Acreditamos, contudo, que a longo prazo esses prejuízos serão a única herança às gerações futuras. Vejamos algumas opiniões acerca do assunto, pelo ecólogo Fearnside (1990):

Balbina é uma hidrelétrica construída no rio Uatumã, no centro da região Amazônica, para fornecer energia a Manaus. A barragem nos dá um exemplo da falta de planejamento racional do desenvolvimento na Amazônia brasileira, e ilustra problemas ambientais que ocorrerão outras vezes se o País continuar realizando os atuais planos para uma expansão maciça de desenvolvimento hidroelétrico na região. (p. 11) Graves como são os impactos de Balbina, a magnitude do desastre ambiental e financeiro se encontra nos benefícios minguados que o projeto vai produzir. (p. 18)

A capacidade nominal de Balbina de 250 MW é, por si mesma, uma quantidade minguada para uma represa deste porte, que é aproximadamente do mesmo tamanho do reservatório de 2.430 km² de Tucuruí, que vai sustentar uma capacidade

nominal de 8.000 MW. Balbina sacrifica 31 vezes mais floresta por megawatt de capacidade de geração instalada do que Tucuruí. (p.20-21)

A perda da floresta é um dos principais custos de grandes represas como Balbina. A área prejudicada é muito maior que os 2.360 km² realmente inundados, já que a inclusão de ilhas aproximadamente duplica a área afetada. Apesar da promoção pela ELETRONORTE das ilhas como tendo “condições de vida para animais e plantas” (Brasil, ELETRONORTE, s/d., 1987), sabe-se que uma floresta dividida em pequenos fragmentos perde muitas espécies de animais e plantas à medida em que os pedaços isolados de floresta se degradam [...]. (p. 26)

A morte de peixes na hora do fechamento da barragem é um dos impactos que mais atrai a atenção pública. [...] Balbina foi fechada, sem aviso prévio, 30 dias antes da data anunciada de 31 de outubro de 1987. No entanto, alguns pesquisadores estavam presentes na época. Peixes morreram a jusante da barragem em Balbina (José A. S. Nunes de Mello, comunicação pessoal, 1988). No caso de Tucuruí, a ELETRONORTE fechou a barragem, sem aviso, no dia 6 de setembro de 1984 [...]. Um equipe do INPA conseguiu chegar até o local no dia 10 de setembro, e uma razoável mortandade de peixes foi observada. A mortandade dos peixes em Tucuruí também ocorreu quando a primeira água passou pelas turbinas em um teste anterior à cerimônia de abertura. O lançamento de água anóxica matou muitos peixes no trecho imediatamente abaixo da barragem; a ELETRONORTE removeu-os de caminhão para melhorar a imagem visual e olfativa da área, para a cerimônia de inauguração. (p. 29)

Sem aprofundar a discussão acerca dos impactos nas populações indígenas, destacamos as seguintes informações:

A inundação de uma parte da área da tribo Waimiri-Atroari é um dos custos não-monetários mais drásticos da barragem. Duas das dez aldeias ainda existentes serão inundadas: Taquari, Tapupun  [...]. As duas representam 29% da

população da tribo, agora totalizando 374 indivíduos [...]. As 107 pessoas nas duas aldeias inundadas são todas Waimiris, representando 48% da população deste grupo. Já que os grupos se movimentam dentro do seu território para caçar e pescar, o número afetado é maior do que apenas aqueles nas aldeias inundadas. (Fearnside, 1990, p. 30)

Vejamos, então, as conclusões do ecólogo Fearnside:

*Balbina é indefensável em bases técnicas por causa dos seus altos custos ambientais, humanos e financeiros, e de seu reduzido potencial para a produção de energia. Os muitos beneficiários das verbas públicas gastas na construção da barragem formam um grupo forte de interesse promovendo o projeto [...]. O desenvolvimento na Amazônia freqüentemente toma a forma de “obras faraônicas” deste tipo que – assim como as pirâmides do antigo Egito, absorvem os recursos da sociedade para produzir pouco e apenas temporal benefício para a população do País. [...] Balbina fica como um monumento cujo benefício maior será as lições como a tomada de decisões não deve ser feita. **Balbina é uma pirâmide à loucura.** (p. 61) (grifo nosso)*

Apesar da extensa revisão bibliográfica (Fearnside, 1990, 2000; Rohde, 1990; Juchem, 1992; Dean, 1996; Almeida, 1996; Monosowski, 1998; Teixeira, 1998) e cursos efetuados, não foi possível ter uma clara compreensão dos impactos ambientais sobre as águas. Então, perguntamos:

Quais os desafios para compreender ambientes aquáticos sob impactos?

Essa é a pergunta mais importante desta dissertação. E para respondê-la, “mergulhamos” em leituras que nos mostram conhecimentos imprescindíveis, além daqueles preconizados pelas políticas internacionais e nacional de meio ambiente que vemos em cursos, em equipes interdisciplinares que “comercializam”

(salvo raras exceções) avaliações de impacto ambiental”, nas leis ambientais e nos manuais técnicos.

A origem de tantos impactos ambientais no Brasil tem sua raiz na cultura de depredação da colonização portuguesa há 500 anos. Em seu livro *A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica*, o historiador Warren Dean (1996, p. 179) nos desperta para o início da destruição da flora e fauna brasileira, além da extinção dos índios. Contamos como Charles Darwin se sentiu diante do desprezo praticado sobre os recursos naturais. Vejamos:

Os caboclos, é óbvio, eram pagos de acordo com a raridade. Qual o problema, então, se uma dúzia ou uma centena de árvores tivesse de ser derrubada para achar um espécime das mais raras? Os caboclos não hesitavam; eram capazes de abater uma árvore em busca de uma colmeia ou de um animal. Charles Darwin, ao acompanhar uma equipe de caça próximo à cidade do Rio de Janeiro, se admirara quando um de seus rudes anfitriões derrubara uma árvore porque um macaco que ele alvejara em um dos seus galhos não caíra no solo. Na verdade, o macaco havia sido alvejado no dia anterior, de sorte que a qualidade da refeição que dele se obteria era, àquela altura duvidosa. Se o valor de uma árvore era menor que o de um prato putrefeito de caça, o que seria em relação a uma orquídea cujo valor poderia alcançar o salário de uma semana? Qual o problema, então, se todos os exemplares de uma espécie rara fossem assim removidos? De fato, era do interesse do agente comercial que todos lhe fossem trazidos, sem deixar nada para os outros. Ao final de sua temporada, ele não se oporia a garantir o monopólio pagando aos caboclos para queimar o que restara da floresta.

A árvore sendo cortada para pegar o macaco alvejado foi interpretada por Darwin como um símbolo do futuro de nosso patrimônio natural e cultural. Em seu Diário publicado

em 1871, ele anotou que em nosso país tinha uma natureza pródiga, mas não tinha governantes, pelo contrário...

Retomando Dean (1996), vemos como um dos programas de desenvolvimento implantados no Brasil³⁹ continuaram destruindo esse patrimônio natural e cultural:

O mais prejudicial de todos os problemas de desenvolvimento talvez tenha sido o dos projetos hidrelétricos. [...] (p. 309)

Em 1950, havia 126 usinas hidrelétricas na região da Mata Atlântica. Em conjunto, seu impacto sobre as florestas de galeria sobreviventes foi limitado: apenas as usinas de São Paulo, Rio de Janeiro e Campinas inundaram mais de um km² de superfície. Essas usinas eram de propriedade privada, sendo as maiores delas de companhias estrangeiras. No final dos anos 50 e início dos 60, contudo, foram desapropriadas,

³⁹ Se o norte-americano Warren Dean ainda estivesse vivo, provavelmente teria concretizado outra pesquisa para começar a contar, a nós, brasileiros, sobre a história da destruição da Floresta Amazônica no Brasil. Segundo o artigo “Avança Brasil – estradas previstas na Amazônia podem reeditar padrão de desmatamento nos próximos 30 anos” publicado por Marcelo Leite na Folha de São Paulo (19/03/2000) o governo federal pretende “em nome do desenvolvimento rodoviário do país” desmatar 180 mil km² de florestas da Amazônia. Essa área corresponde ao tamanho de dois países como Portugal e está sendo denunciada por três ONGs de renome científico, como o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, Pará), o Instituto Socioambiental (ISA, São Paulo) e o Centro de Pesquisa Woods Hole (WHRC, Massachussets, USA) pois além desses 180 mil km², há estimativa de que outros 187 mil km² se tornarão suscetíveis ao fogo, com o adensamento da presença humana. Se o plano do governo for executado (é interessante a manifestação do governo, na Folha de São Paulo, 26/03/2000, p. 1/3: “Estradas e desmatamento na Amazônia – o governo responde” e “Reajustes necessários”, por Eliseu Padilha e José Sarney Filho, respectivamente) adeus florestas! Infelizmente, a terrível história da devastação da Mata Atlântica brasileira contada por Dean poderá se repetir brevemente (e em menos tempo) na Amazônia. “E um viva para o desenvolvimento sustentável nas políticas ambientais do Brasil”!

vítimas de pressões nacionalistas e populistas e de sua própria incapacidade de gerar mais capital. Os novos diretores designados pelo Estado enfrentaram um acelerado crescimento da demanda de energia em uma atmosfera da crise, marcada por sobrecargas e blecautes. Começaram a construir usinas de capacidade muito maior e estenderam uma rede ligando o triângulo industrial de Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. (p. 310) (grifo nosso)

Essa geração de usinas ocupou os locais mais facilmente explorados nos rios Tietê, Paranapanema, Grande, Paraibuna, Paraíba do Sul e Pardo, barrando o fluxo da água por diversos quilômetros e criando reservatórios de quarenta a setenta km². **A geração seguinte de usinas já foi planejada: barragens elevadas que consumiam enormes quantidades de concreto para obstruir vales menos favoráveis nos afluentes do Paraná e no próprio Paraná.** Elas exigiram lagos artificiais que tinham duzentos a mais de mil km². **Superando todas essas, havia Itaipu, próximo a foz do Iguaçu, a maior represa hidrelétrica do mundo, com 185 metros de altura e sete quilômetros de largura, projetada para gerar 12,6 megawatts.** A construção se iniciou em 1973, com um projeto Binacional com Paraguai, para no final inundar 1529 km² no lado brasileiro do rio e 2260 km² no lado paraguaio. (sic) Além disso, uma área de proteção de 1350 km² circundaria o rio represado. (grifo nosso)

O incrível é que se permitiu que o projeto destruísse uma das maravilhas naturais do mundo, Sete Quedas, a magnífica catarata que há muito tempo havia sido declarada parque nacional. Com ela desapareceram as ruínas quinhentistas inexploradas da Cidade Real de Guaíra. Inúmeros turistas correram a conhecer Sete Quedas antes que ela fosse alagada: as toscas pontes suspensas não conseguiram suportar seu peso e, um dia, dezenove visitantes sucumbiram na queda.[...] Octávio Marcondes Ferraz, que, como diretor da Eletrobrás em 1964, havia planejado uma barragem menor em Itaipu que teria deixado intacta Sete Quedas, queixava-se do sigilo e arbitrariedade que possibilitaram a tragédia: somos,

escreveu ele, “um país de fatos consumados e contribuintes submissos”. (grifo nosso)

Em 1992, 260 usinas hidrelétricas na região sudeste da Mata Atlântica haviam inundado 17130 km² e suas linhas de transmissão ocupavam outros 2800 km², uma área conjunta igual a quase metade do território do Estado do Rio de Janeiro. Oitenta e oito usinas já haviam sido desativadas. Outras estavam em construção e inundariam mais 10 mil km². [...] Não é possível calcular a quantidade de floresta que desapareceu sob as águas de todas essas barragens e sob as torres das linhas de transmissão. Certamente, uma área considerável sob a água foi previamente desmatada. [...] Embora se acreditasse que a maior parte do Parque Nacional de Sete Quedas tivesse sido desmatada antes de ser inundada, a administração de Itaipu afirmava que havia derrubado 591 km² de floresta do lado brasileiro do rio, quase 40% da área submersa. A retirada total das árvores era exigida por uma lei de 1960, mas o corte parece ter sido seletivo. (p. 310-311) (grifo nosso)

Reagindo aos rumores públicos, as companhias de eletricidade contrataram arqueólogos para realizar levantamentos apressados das áreas das barragens e desenterrar quaisquer vestígios de pudessem descobrir de culturas indígenas. Contrataram especialistas em vida selvagem para “resgatar” animais presos pelas águas que subiam – uma atividade fotogênica, ainda que não muito feliz. Em Itaipu, as infelizes “unidades animais” eram instaladas em “refúgios” ao longo da margem do lago, totalizando 390 km² – menos de 10% da área inundada. (sic) Enquanto isso, diversas companhias, na esperança de desenvolver uma indústria que pudesse compensar em parte a perda das fazendas, soltavam tilápias africanas em seus reservatórios, apesar dos reiterados desastres que acompanharam as introduções de peixes exóticos em outros países. [...] (p.312)

Ainda piores foram os escândalos associados ao financiamento e construção de barragens. Itaipu, originalmente orçada em 10 bilhões de dólares, teve o custo declarado de 20 bilhões. (p.313)

As imagens seguintes (Figuras 10, 11 e 12) podem traduzir de uma outra forma o impacto da construção da barragem de Itaipu sobre o rio Paraná e o Parque Nacional de Sete Quedas.



Figura 10 – Rio Paraná e Sete Quedas em seu estado natural.
Fonte: Memória de Sete Quedas, 1983.



Figura 11 – Destaque dos Saltos de Sete Quedas em seu estado natural.
Fonte: Gööck, 1975, p. 30.

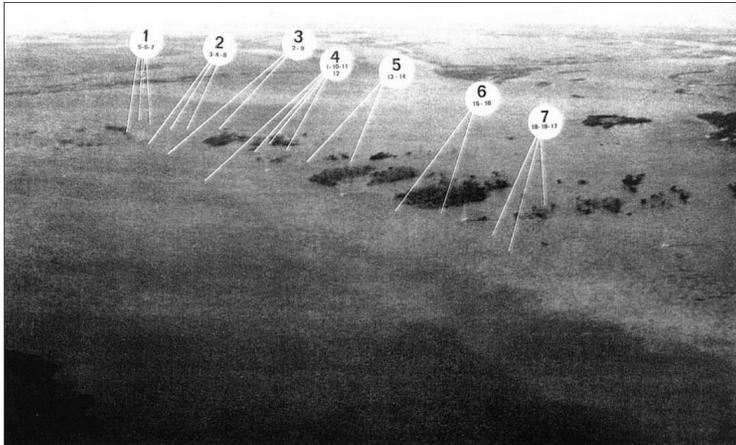


Figura 12 – Sete Quedas submersa – o rio Paraná sob impactos.
Fonte: Memória de Sete Quedas, 1983.

Duas décadas após, a longa seca nos meses finais de 1999 e início de 2000, fez abaixar o nível do lago de Itaipu e, no ponto onde ficavam as Cataratas do Iguaçu e salto de Sete Quedas, os seus sinais restantes apresentaram um local cheio de pedras expostas. Como escreveu Ribeiro (2000), isso foi suficiente para ativar a nostalgia da população de Guaíra, PR. Para o secretário de Turismo⁴⁰, a longa estiagem poderia permanecer e, assim, atrair turistas e pessoas que não tinham visto o fim das Setes Quedas e repetir o ano de 1982. Triste ironia! A realidade é como descreve Ribeiro (Ibidem, p. 26):

Números básicos revelam o volume das águas que rompiam pelas Sete Quedas: na altura de Guaíra, o Paraná aguardava proporções de rios amazônicos, com um leito de 4 quilômetros de largura. De repente, bem na frente da cidade, todo esse mar de água doce convergia para um degrau estreito e profundo, que reduzia a largura do leito para míseros 200 metros. Numa soma de todos os desníveis desse imenso degrau – como o ponto mais acidentado e alto, onde despontavam as quedas – o rio Paraná perdia 100 metros de altitude. Os geólogos calculam que, para desgastar 1 metro da rocha basáltica da qual se compõe o fundo do Paraná, são necessários 500 anos de ação de águas correntes. A natureza, portanto, havia levado 50 000 anos para esculpir cada detalhe da região das Sete Quedas. Um trabalho que foi por água abaixo em apenas quatro meses, tempo total que o Lago de Itaipu levou para atingir o nível previsto.

⁴⁰ Muitos brasileiros assistiram em janeiro/2000 o patético pronunciamento do secretário de turismo de Guaíra em entrevista ao telejornal da BAND.

COMO COMPREENDER ESSA NOVA REALIDADE DO RIO PARANÁ SOB IMPACTOS?

A PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ E O NÚCLEO DE PESQUISAS EM LIMNOLOGIA, ICTIOLOGIA E AQUICULTURA – NUPELIA, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Como traduzir em termos de ciência e educação, um rio com uma história tão longa de vida e constituição? Se a natureza teria *esculpido cada detalhe da região de Sete Quedas em 50.000 anos* (Ribeiro, 2000, p. 26), como “esculpir” uma nova explicação dos processos ecológicos em uma área de impacto tão extensa como a da planície de inundação do rio Paraná e de seus barramentos pelas usinas hidrelétricas de Porto Primavera e de Itaipu.

É importante considerar que os estudos da planície ao longo de 13 anos, representam muito trabalho de investigação, diante de 50.000 anos. O que temos a disposição são escalas que revelam dinâmicas muito diferentes – uma natural e outra científica, que se propõe descobrir quais os impactos ecológicos, econômicos e sociais na região.

Desde 1986, os estudos do Nupelia⁴¹ vêm investigando a planície de inundação do alto rio Paraná tomada a partir de

⁴¹ *Um grupo de docentes da Universidade Estadual de Maringá (UEM), aliado a uma pequena equipe de técnicos e graduandos, iniciou, em 1983, um estudo sobre ecologia de populações de peixes do reservatório de Itaipu, com suporte da Itaipu Binacional, visando avaliar o impacto da construção da usina sobre a comunidade de peixes, bem como subsidiar medidas mitigadoras e de manejo pesqueiro. A este grupo foram se agregando novos elementos, organizando-se uma infra-estrutura de apoio e expandindo a abrangência dos estudos, até que, em setembro de 1986, o Núcleo foi reconhecido formalmente dentro da UEM, como um núcleo multidisciplinar de pesquisas. O aumento no número e qualificação de*

vários objetos: a água dos seus rios, canais e lagoas (limnologia), a geologia, a geomorfologia, as comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas, zoobêntica e íctiicas, as comunidades vegetais e as comunidades humanas.

O resultado dos estudos obtidos durante esse período, compõem um rico acervo bibliográfico, apresentado sob a forma de dissertações e teses defendidas no Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, artigos científicos e livros. Como um dos objetivos desta dissertação foi divulgar em uma linguagem científica e ambiental, uma tradução e/ou interpretação de parte dos estudos realizados pelo Nupelia para um público leigo em ciências, destacamos aqueles que subsidiaram nosso trabalho: a) Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E.A.M.; Thomaz, S.M. (1995) *The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects*; b) Agostinho, A.A. & Zalewski, M. (1996) *A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação*; c) Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Eds.) (1997) *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socio-econômicos*; d) Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M.; Minte-Vera, C. & Winemiller, K. (2000) *Biodiversity of the high Paraná River floodplain* (in press) e Campos (Org.), (1999).

O rio Paraná – como todos os rios do mundo está coalhado de vida, desde as formas mais minúsculas até as mais visíveis aos nossos olhos. As barragens interferiram no ritmo do rio e, nessas formas de vida a ele relacionadas, de modo brusco e, após 13 anos, mesmo com a diversidade de pesquisas, talvez ainda não conheçamos a intensidade dessa mudança na imensa rede de vida do rio.

seus profissionais propiciou à UEM, a criação, a partir de setembro de 1991, do Curso de Pós-graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais", contando com a estrutura física, apoio logístico e grupo de pesquisadores do Nupelia (Nupelia, [19--]).

São longos anos de pesquisa para descobrir, quem sabe, pequenas fatias da vida reprodutiva, do habitat, dos hábitos, da distribuição e da riqueza de espécies vegetais e animais, que o grupo de pesquisadores e técnicos do Nupelia vêm obtendo para (re)descobrir as (re)estruturações da flora e fauna desse ambiente.

Como poderíamos trazer esse grupo de pesquisas para elucidar os efeitos das barragens no rio Paraná para um público leigo e longe da vida científica?

Imaginemos uma narrativa feita por um biólogo viajante que retoma parte das informações existentes da região (contadas por um sertanista, historiadores, biólogos, sociólogos, entre outros) e recomponha parte de sua história ambiental, assim:

No livro *Memórias de Sete Quedas* (1983) encontramos relatos que podem compor parte da história “registrada” da ocupação humana⁴² na região do alto rio Paraná:

O rio Paraná, no seu caminho para o sul e para vencer a barreira natural constituída pelo prolongamento da serra de Maracajú, formou uma imensa baía, que após, dividiu-se em inúmeros braços. Uma depressão vulcânica que rompeu a crosta terrestre abrindo grandes fendas no basalto, permitiu a formação de um arquipélago e de inúmeros saltos e cataratas. As águas contorcidas e efervescentes, precipitaram-se então,

⁴² Ressaltamos que Lúcio Mota (1994, p.66) resgatou um pouco da pré-história indígena no Paraná, apontando registros arqueológicos de povoamentos indígenas nas margens do rio Ivaí, Iguaçu e Paraná (há oito mil anos). O autor escreveu: *A região compreendida no quadrilátero formado pelos rios Tibagi a leste, Paraná a oeste, Iguaçu ao sul e Paranapanema ao norte é uma grande área de terras férteis cortada por centenas de rios e riachos, rica em animais e árvores frutíferas. Ela já se encontrava habitada por milhares de índios antes da chegada do branco europeu ao continente.*

de alturas variáveis entre 10 e 60 metros num percurso de 4 km, até atingir o canal principal, com uma largura de 100 metros e profundidades entre 140 e 160 metros. Dali, seguiu sua trajetória, para chegar lento e caudaloso na Bacia do Prata, encontrando-se com as águas do Oceano Atlântico.

Estava formado um espetáculo místico, singular e indescritível, cuja origem perdeu-se no tempo. Foram milhares, ou talvez milhões de anos. Um enigma.

Em 1525, Aleixo Garcia, sertanista português, indo para o Peru em busca de ouro, prata e pedras preciosas, para a Coroa Espanhola, descobre o lugar batizando-o de “Cataratas do rio Paraná”.

Os espanhóis, até 1552, chamavam o local de “Saltos de Canandiyu” em homenagem ao valente cacique Canandiyu, que comandava as aldeias guaranis da margem direita do rio, nas imediações das quedas. Neste ano, Domingos Martinez Irala, governador de Assunción, é chamado pelos índios guaranis da margem esquerda, a fim de expulsar os tupis, invasores de suas terras. Atravessou o rio e com a ajuda de Guayrá, brioso cacique, venceu os tupis, expulsando-os e firmando trato de “não agressão” com eles.[...]

O nome de “Sete Quedas” apareceu pela primeira vez em 1872 no “Tratado de Limites” assinado após a Guerra do Paraguai, pelo Barão de Cotegipe (Brasil) e Carlos Loisaga (Paraguai).

Até 1900 somente tribos nômades (os gês) vagueavam pelas terras abandonadas pelos guaranis, formando povoações isoladas, de curto tempo e levantando acampamento quando terminavam a caça e as frutas das matas. Neste ano, Telêmaco Borba visitando as ruínas da “Ciudad Real del Guayrá”, desce navegando pelo rio Paraná até a região das quedas, comprovando que as mesmas podem ser conhecidas também por via fluvial.

Em 1902, a Companhia Mate Laranjeira, fundada por Joaquim Murtino, [...] recebe do governo brasileiro, [...] a concessão para explorar a erva-mate do sul do mato Grosso. Esta

companhia constrói na margem esquerda do rio, 5 km acima das quedas, o porto Monjoli, que mais tarde passou a ser chamado de porto Guáira. Implanta à partir dali, uma estrada de ferro com 60 km ligando porto Guáira a porto Mendes. De porto Mendes, a erva mate era transportada em navios até a Argentina.

De 1904 e 1913, um viajante chamado Arthur Martins Franco (1973), participando da execução de um serviço de medição e demarcação de terras da Companhia Mate Laranjeira, no sertão do alto Paraná, contou-nos:

O transporte de erva-mate matogrossense, exportada pela “Mate Laranjeiras” pelo rio Paraná, é feito, do porto Guayra até esse “porto” São João, por meio de carros sobre trilhos Decauville, puxados por burro e do porto São João ao Salto Carapan, em lanchas a vapor, rebocando grandes “chatas” carregadas de erva-mate em sacas. [...] Do Salto Carapan para cima, até o “porto” São João, a corrente do Paraná é mais violenta e agitada. Há momentos em que, a lancha que nos conduz, apesar de toda a força das máquinas, não consegue vencer a resistência da correnteza e a lancha é levada pelas águas, até o instante em que pode vencer o redemoinho, tangenciando-o. [...] (Franco, 1973, p. 56-57)

Depois de algumas manobras difíceis, conseguimos atracar e desembarcar para logo em seguida tomarmos o “bondezinho” de passageiros, puxados a burros, para seguirmos rumo às quedas do Guayra [...]. (p. 58)

O rio Paraná, logo abaixo da Ilha das Sete Quedas e de duas ilhas e que lhe ficam logo à jusante, forma uma longa corredeira e que abrange toda a largura do rio, numa extensão de cerca de 5 quilômetros, corredeira essa que vai terminar nos vários saltos que formam o conjunto das “7 quedas ou Guaira”. No ponto inicial dessa vasta “corredeira”, devido à mudança brusca de nível do leito, forma-se uma “crista”, ponto de passagem do remanso para o declive, de modo que, para se

subir do porto “Guayra” para o remanso, é preciso ir costeando a margem esquerda, pela enseada em que se acha o porto Guayra, até chegar à “crista” já mencionada e tratar de vencer, aí, a força da corrente, para atingir o remanso. (p. 59)

Essa travessia ou passagem de crista, não deixa de ser perigosa, porque a violência das águas pode levar a embarcação para o meio da corredeira tornando difícil, senão impossível a saída dali, isso mesmo se embarcação encalhar, ou for obrigada a encalhar nalguma lage de pedra à flor d’água, porque, do contrário, seria levada violentamente para o turbilhão das cataratas, para a morte! (p. 60)

No dia seguinte à nossa chegada ali, fomos em visita aos saltos do lado brasileiro. [...] Atingimos, finalmente, o salto que, segundo afirmava o pessoal da “Mate-Laranjeiras”, éramos nós os primeiros visitantes que ali chegavam. (p. 61)

[...] **Desembarcamos na “Ilha das Sete Quedas”, que apresenta uma estreita faixa de mato nas margens e um imenso brejo, no seu interior, coberto por um alto capinzal. Penetramos nesse capinzal até uma certa distancia, lançamo-lhes fogo e voltamos para bordo da lancha**, partindo em visita a uma das ilhotas adjacentes, a direita da grande ilha. Essa ilhota, toda coberta de mata, apresenta, à montante, uma praia extensa, como um suavíssimo declive, de modo que se pode palmilhá-la numa longa extensão em que as águas, na parte mais profunda a que chegamos, mal atingiam os joelhos, proporcionando-nos uma aprazível excursão a que não pudemos resistir. **De regresso, abicamos novamente na Ilha das Sete Quedas, onde fomos apreciar o efeito do incêndio que tínhamos ateadado no capinzal do brejo e aí ouvimos ainda, ao longe, o crepitar de fogo que se alastrava pelo interior da ilha.** p. 62) (grifo nosso)

*No dia seguinte, aprestamo-nos para visitar os saltos e “o canal do Inferno”, na margem direita do rio. [...] O leito do rio nesse trecho, é cavado em rocha de basalto. Ali nos demoramos a contemplar o violento e desordenado borbulhar das águas e o fragor dos saltos, alguns visíveis do ponto que atingimos. [...] Nesse ponto nos demoramos a contemplar o movimento desordenado da corrente, num canal que calculam uns de 60m e outros de 80 m de largura, e por onde flui todo o enorme volume das águas do rio Paraná. A impressão que se recebe é a de um caldeirão de azeite a ferver, tal o desordenado e violento borbulhar das águas turvas. Olhando-se para o “canal”, fica-se perplexo, sem saber qual a direção da corrente. [...] **Na noite desse dia, do Porto Guayra, ainda se enxergava o clarão do incêndio no brejo da Ilha das Sete Quedas.** [...] Nessa visita à ilha e aos saltos, que acabávamos de fazer, realizávamos um sonho acalentado, com carinho enlevo, na nossa juventude, e que jamais supúnhamos poder realizar. (p. 64-5) (grifo nosso)*

Se o viajante Franco (1973) não supunha poder visitar a “ilha de Sete Quedas”, tampouco deve ter imaginado que em apenas 70 anos, o grandioso rio Paraná e seus afluentes jamais seriam o mesmo. Pois, em 1975, começou a construção da usina de Itaipu pelo consórcio Itaipu Binacional, em 1982 foram fechadas as comportas da barragem e em 10 de novembro do mesmo ano, as Sete Quedas foram submersas com a formação do grande lago da usina hidrelétrica de Itaipu (Memórias de Sete Quedas, 1983). Felizmente, nem tudo foi destruído, resta-nos como patrimônio natural e cultural a ser protegido e defendido: as Cataratas do rio Iguazu e o conjunto de ilhas e várzeas do arquipélago fluvial de Ilha Grande, um complexo ecossistema localizado na região sul da planície de inundação do alto rio Paraná, a montante do reservatório de Itaipu.

E, hoje, 13 anos após os estudos do Nupelia, 18 anos após a construção do lago de Itaipu, como um viajante contaria às crianças, jovens e adultos leigos a vida desse rio?

O circuito das águas

Tudo surgiu da água

Tudo é mantido pela água

Goethe

Há quem cultue os rios atraído pelos encantos de suas águas, de suas curvas, do pôr do sol, suas pedras, cascatas, remansos, capivaras, jacarés, aves, peixes, sejam eles dourados, lambaris, traíras ou pintados e de sua mata ciliar.

Vejam como o “filósofo do novo espírito científico”, Bachelard (1998, p. 9, 34) investigou a natureza do imaginário poético, extraindo significados das águas e rios:

Sonhando perto do rio, consagrei minha imaginação à água, à água verde e clara, à água que enverdece os prados. Não posso sentar perto de um riacho sem cair num devaneio profundo, sem rever a minha aventura... Não é preciso que seja o riacho da nossa casa, a água da nossa casa. A água anônima sabe todos os segredos.

Fresca e clara é também a canção do rio. Realmente, o rumor das águas assume com toda naturalidade as metáforas do frescor e da claridade. As águas risonhas, os riachos irônicos, as cascatas ruidosamente alegres encontram-se nas mais variadas paisagens literárias. Esses risos, esses chilreios são, ao que parece, a linguagem pueril da natureza. No riacho quem fala é a Natureza criança.

Há quem cultue os rios, transformando suas paisagens em poesias, ou seja, os poetas também tem sua forma de compreender o rio (que não é nem menos nem mais

verdadeira do que a dos cientistas), extraindo de suas paisagens toda a fundamentação de que precisam, recorramos a Fernando Pessoa (1975, p.60):

*O Tejo é mais belo que o rio que corre pela minha aldeia,
Mas o Tejo não é mais belo que o rio que corre pela minha aldeia
Porque o Tejo não é o rio que corre pela minha aldeia*

...

*O Tejo desce de Espanha
E o Tejo entra no mar em Portugal.
Toda a gente sabe isso.
Mas poucos sabem qual é o rio da minha aldeia
E para onde ele vai
E donde ele vem.
E por isso, porque pertence a menos gente,
É mais livre e maior o rio da minha aldeia.*

...

*Quem me dera que eu fosse os rios que correm
E que as lavadeiras estivessem à minha beira...
Quem me dera que eu fosse os choupos à margem do rio
E tivesse só o céu por cima e a água por baixo*

...

*Vejo melhor os rios quando vou contigo
Pelos campos até à beira dos rios;
Sentado a teu lado reparando nas nuvens.*

Há quem se assuste com os rios quando se passa um longo período de seca e o nível de suas águas diminuem temporariamente ou quando chove muito e as águas inundam regiões circunvizinhas. Situações como essas revelam alterações inesperadas tanto para aqueles que lançam um olhar mais atento à intimidade destas águas quanto para aqueles que as ignoram.

Todo o rio tem sua própria história, seja onde for, depois de alguns milhares de anos de sua formação hidrogeológica,

pelo menos alguma vez, suas águas banharam, alimentaram e alegraram os primeiros habitantes humanos – caçadores-coletores, índios e as respectivas comunidades que as sucederam. Suas águas deram passagem aos colonizadores e desbravadores, entre eles, missionários, garimpeiros, agricultores etc, deslocando-os de norte a sul, de leste a oeste por meio de canoas, cavalos e bois, balsas, barcos a vapor ou motor.

Os rios sempre “ofereceram” seus recursos naturais (água, plantas e animais) para serem utilizados tanto pelas populações ribeirinhas que com ele convivem como pelas populações urbanas e industrializadas. Essas últimas “têm se empenhado ao longo de muitos anos” em desmatar as margens dos cursos d’água e das nascentes, em drenar águas para irrigação de cultivos, captar água para desenvolver suas indústrias, em despejar esgotos e lixo rio abaixo, construir barragens e reservatórios para produção de energia etc. Por fim, temos muitos rios assoreados, fétidos, feios, perigosos e quase sem vida.

Alguns rios resistem à degradação durante sua “vida”. Vida? Sim, os rios têm sua vida, assim como outros ambientes naturais. Outros, no entanto, já desapareceram (Faria & Marques, 1999), se extinguiram assim como plantas e animais. Será que água também poderá desaparecer, deste planeta? O que nós sabemos é que a água, própria para o consumo humano e para a sobrevivência de outros seres vivos, está se tornando cada vez mais rara, embora ela seja abundante no planeta como um todo.

Diferente dos outros planetas do sistema solar, a Terra possui água em grande quantidade. Vista do espaço a superfície de nosso planeta Terra (Figura 13) apresenta cores que vão do branco ao azul e tonalidades entre o amarelo e o

marrom. O branco representa o vapor de água, o azul representa a água dos oceanos e mares e o marrom, os continentes (Sagan, 1996b).

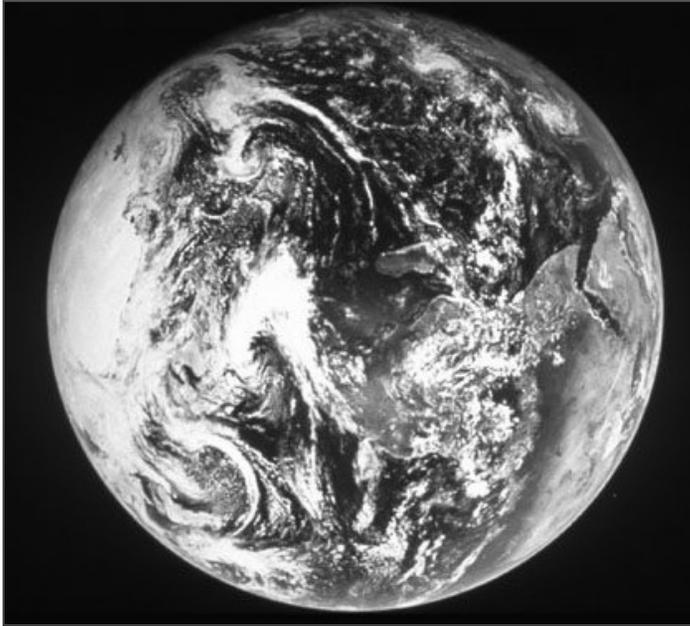


Figura 13 – Vista parcial da superfície da Terra
Fonte: Sagan, 1996b, p. 95.

A superfície terrestre é formada por aproximadamente dois terços de água e um terço de terra. Daí a aquela música “Terra, Planeta Água” (Guilherme Arantes); acompanhemos a letra:

*A água que nasce na fonte serena no mundo
e abre um profundo grotão.
Água que faz inocente riacho
e deságua na corrente do ribeirão.
Águas escuras dos rios
que levam a fertilidade ao sertão*

*Águas que banham aldeias
e matam a sede da população.
Águas que caem das pedras,
do véu das cascatas, fogo de trovão
e depois dormem tranqüilas no leito dos lagos.
No leito dos lagos.
Águas dos igarapés onde lara a mãe d'água
é misteriosa canção.
Águas que o sol evapora, pro céu vai embora,
virar nuvens de algodão.
Gotas de água da chuva
alegre arco-íris sobre a plantação.
Gotas de água da chuva
tão triste são lágrimas na inundação.
Águas que movem moinhos
são as mesmas águas que encharcam o chão.
E sempre voltam humildes pro fundo da terra.
Terra, planeta água.*

Mas, isso não significa dizer que temos água em abundância, pois menos de 0,3% da água doce existente está efetivamente disponível para consumo, o restante (97%) corresponde a água salgada dos oceanos e mares.⁴³ Vejamos uma simples comparação: se toda a água do planeta estivesse contida em um recipiente de 4 litros, a totalidade da água disponível caberia em uma colher de sopa.

O Brasil, é um dos países dotados de uma extensa rede de rios e parece dispor de 15% da água doce existente no mundo (Embrapa, 1994), no entanto, o país configura entre aqueles que mais desperdiça água potável. Parte dessa água está distribuída nas principais bacias hidrográficas – Amazonas, Tocantins, São Francisco, Paraná, Uruguai e

⁴³ Os valores percentuais de distribuição da água no mundo, variam muito de um autor para outro, para aprofundar o assunto podem ser consultados (Wetzel, 1982; Corson; 1993; Esteves, 1998).

Atlântico Sul/ Atlântico Sudeste.⁴⁴ Nessas bacias hidrográficas, tanto em território brasileiro como estrangeiro distinguimos diferentes ambientes aquáticos como rios, lagoas, canais, várzeas, banhados, manguezais e estuários.

A bacia do rio Paraná, objeto de nosso estudo, é a segunda maior bacia de drenagem da América do Sul e juntamente com a bacia do rio Paraguai formam a bacia rio da Prata. Essas duas bacias ocupam parte da região sul-central da América do Sul (Agostinho *et al.*, 1995). Ambas, possuem importantes planícies alagáveis: – a planície de inundação do alto rio Paraná e a planície alagada do Pantanal. Adotamos a expressão *bacia hidrográfica do rio Paraná* em um contexto cuja importância remete ao conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento de recursos hídricos (COMITESINOS, 1988, 1998; Pires & Santos, 1995; Lanna, 1995; UNISINOS/FURG/UCPEL, 1996; Cadavid Garcia, 1997; Tundisi *et al.* [19--]).

Nesse sentido, cabe algumas perguntas: O que é uma bacia hidrográfica? O que é um rio? De onde vem suas águas? E para onde escoam? De onde vem a chuva? Porque não chove em alguns lugares? E a água de poço? Para onde escoam as águas da chuva, ao cair nos solos impermeabilizado das cidades?

Quando crianças ouvimos que *todo o rio vem do mar e todo rio vai encontrar o mar*, porém, quando vamos a escola ficamos sabendo que existe o *ciclo hidrológico atuando na biosfera* (nem sempre conseguimos estabelecer relações entre esses “fenômenos da natureza e o nosso viver”).

⁴⁴ Segundo DNAEE (1994) apud Cadavid Garcia (1997) a disponibilidade hídrica do Brasil está distribuída em 8 bacias hidrográficas. A terminologia “Atlântico sul e sudeste” adotada pelo DNAEE, corresponde àquelas bacias hidrográficas, cujo rio principal deságua na região litorânea do Brasil, por exemplo, os rios Itajaí, Itapocu (SC), rio Paraíba do Sul (SP).

Na verdade, a água está em contínuo movimento constituindo um dos ciclos da natureza mais fascinantes na manutenção da vida no planeta Terra: *o ciclo hidrológico*.

Vejamus esquematicamente (Figura 15) como acontece o ciclo hidrológico (Odum, 1988; Embrapa, 1994; Esteves, 1998): a radiação solar fornece energia necessária para evaporar a água dos rios, lagos, oceanos, das superfícies úmidas do solo, das folhas e de todos os seres vivos. Com a evaporação formam-se as nuvens (cristais de gelo ou gotas de água) e das nuvens as águas retornam na forma de chuva, trazendo substâncias fundamentais à vida dos seres vivos (com exceção da “chuva ácida” – aquela precipitação de agentes químicos nocivos misturados à chuva, geada, neve ou neblina). As gotas de água, ao atingir o chão, infiltram-se no solo, formando as reservas subterrâneas ou os “lençóis subterrâneos” e/ou escoam para os rios e oceanos. E o ciclo se repete...

Mas, desde quando o ciclo se repete? A água que vemos nos rios, lagos e mares é a “mesma” que está sobre o planeta há bilhões de anos, desde a origem da Terra, provavelmente é a mesma em que os dinossauros bebiam e banhavam-se. Tudo isso parece acontecer de maneira tão perfeita que, deixada aos seus próprios cuidados, movimento e escoamento, a água chega a todos os lugares onde deve chegar, ou seja, do rio para o mar e vice-versa. Os seres humanos, no entanto, “interrompem” este ciclo natural⁴⁵. Interceptamos a água em algum momento do ciclo, fazemos o uso que bem entendemos, muitas vezes, contaminando-as e, depois, deixamos que ela siga seu caminho até o mar. Em muitas regiões, as variações do ciclo das águas resultam de características locais, como clima e topografia em suas bacias hidrográficas.

⁴⁵ *O ciclo da água, assim como o ciclo do carbono, está começando a ser afetado por atividades humanas em escala global. Embora o monitoramento mundial pluviométrico e fluviométrico tenha sido mantido, precisamos urgentemente monitorar mais completamente todos os fluxos principais* (Odum, 1988, p. 128).

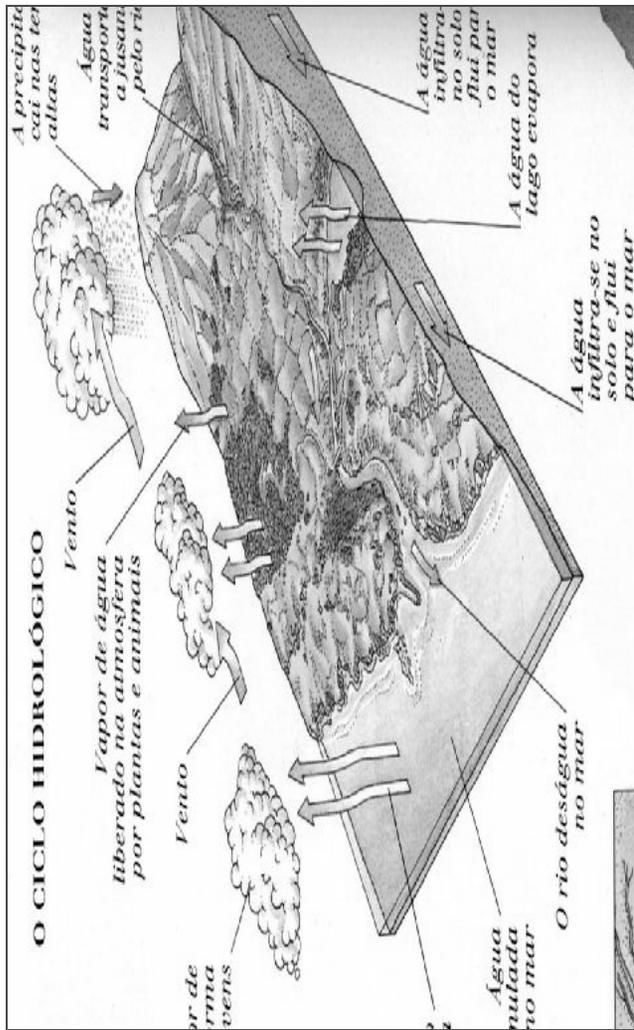


Figura 15 – O ciclo hidrológico.

Fonte: Atlas visuais (1995, p. 40).

Como identificar uma bacia hidrográfica? Observando-se as feições geomorfológicas, hidrológicas etc por meio de cartas geográficas ou imagem de satélite, como mostraremos na Figura 16. A topografia mais elevada de uma região da superfície terrestre, tais como montanhas, serras e morros (que em “mapas de rios” representam os divisores de água) delimitam uma área drenada por um curso d’água principal ou um sistema conectado de cursos d’água. Isto é, a água da chuva escoia normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos, formando um rio principal que, depois de percorrer alguns quilômetros, deságua diretamente no mar ou em um grande lago ou estuário.⁴⁶

Em uma linguagem compreensível, uma bacia hidrográfica abriga naturalmente a existência de cabeceiras e nascentes, divisores de águas principais, afluentes (riachos, córregos, ribeirões), o subsolo, solo, florestas e animais, espaço construído ou urbano e as suas populações humanas.

Se olharmos um pequeno córrego ou trechos de um rio, muitas vezes não vemos a complexa relação entre os ambientes e suas populações, no entanto, se olharmos para uma imagem de bacia hidrográfica podemos ter a noção de que as nossas atividades biológicas, culturais, econômicas e sociais bem como dos problemas decorrentes dos múltiplos usos da água são indissociáveis e afetam a qualidade e quantidade dos recursos hídricos essenciais para a nossa sobrevivência.

⁴⁶ Rocha (1991). Na figura 16, temos um recorte de uma imagem de satélite que cobriu parte da bacia hidrográfica do rio Itapocu, localizado na região norte-nordeste do Estado de Santa Catarina. Nela podemos distinguir em tons de verde: a vegetação, em tons de azul: o rio Itapocu e seus afluentes e o oceano Atlântico.



Figura 16 – Bacia hidrográfica do rio Itapocu (imagem de satélite)

Fonte: Santa Catarina/FATMA [19--].

Antes de conhecer a bacia do rio Paraná, vejamos esta história para melhor interpretar o conceito de bacia hidrográfica (embora saibamos que cada bacia apresenta características e peculiaridades que, por vezes, é difícil definir ou delimitar essas áreas, principalmente em rios de planície como o Paraná): Um biólogo ao sair em férias com alguns amigos numa praia, levou um verdadeiro “susto” quando viu seu admirado rio chegando na “barra da lagoa” e desaguando no Oceano Atlântico. Suas águas traziam, além de troncos e ramos de árvores, muito lixo que não degrada facilmente, como lâmpadas de vidro, seringas descartáveis, garrafas plásticas de refrigerantes, pedaços de isopor, latas, garrafas de vidro e muitas outras coisas que não vemos.

O biólogo aborrecido com o que viu, lembrou por alguns instantes das belíssimas cachoeiras que visitara na área de preservação permanente daquele rio e, dos conhecimentos nessa área, disse aos seus companheiros que a noção de bacia hidrográfica era muito importante porque nos revelava uma

longa e intrincada cadeia de vida, estabelecida entre os recursos naturais e os seres humanos. No final dessa cadeia, o local que nos servia de lazer e descanso – uma praia e sua beira-mar/orla (areias brancas e fofas, dunas, mangues, brejos etc. quando não foram aterrados) testemunhava e guardava as marcas daquilo que nós fizemos ao longo dos rios.

Em outras palavras, aquela água cristalina que vimos nas cachoeiras, vão aos poucos sendo mescladas com esgotos e lixos provenientes das cidades e vilarejos, tornando-a imprópria para aquelas populações que moram mais adiante e, estas por sua vez vão usá-la e devolver ao rio principal. E este, no caminho do encontro com o mar estará interferindo na vida dos seres marinhos, entre eles, os camarões, os siris e os peixes que serão pescados para alimentar as populações litorâneas e urbanas.

Explorando as vias aquáticas que formam e fazem pulsar a vida no rio Paraná

Como perguntamos anteriormente, como um viajante nos contaria hoje a vida do rio Paraná, 18 anos após a construção do lago de Itaipu? Assim, tentando descobrir as nascentes do rio Paraná, nosso viajante pesquisou e concluiu que não era fácil chegar até lá. Conseguiu apenas localizar em um mapa e na Figura 17. Sentiu-se maravilhado e manifestou um sonho – ter o privilégio de conhecer de perto as *Águas Emendadas* no cerrado do Planalto Central, pois, esse local abriga um acidente geográfico raro: é de lá que brotam as águas para alimentar as bacias do Amazonas e do Prata, ou seja, para sudoeste, segue o córrego Fumal, até desembocar no rio São Bartolomeu, que por sua vez engrossa

o Corumbá, ajudando a formar o Paranaíba, depois o Paraná e enfim a Bacia Platina.⁴⁷



Figura 17 – Nascentes de rios
Fonte: Beccari, 2000, p. 46-47.

Viajando pelas figuras dos diversos mapas geográficos e geológicos, vemos que os traços e linhas retas ou sinuosas indicam o longo caminho percorrido (aproximadamente 4.500 km⁴⁸) pelas águas do rio Paraná, desde as suas principais nascentes, no Planalto Central até a sua foz no estuário do rio da Prata no Oceano Atlântico. Elas atravessam e banham terras desconhecendo fronteiras (Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina).

⁴⁷ Beccari. Álfio. (2000) O Fascínio de Águas Emendadas. Galileu. 9, n. 103, p. 46-51. Essa belíssima região está protegida por lei, não é aberta a visitação pública por ser considerada uma Unidade de Conservação, denominada Estação Ecológica das Águas Emendadas.

⁴⁸ Agostinho et al., (1995) e (1999, no prelo). É difícil precisar quantos Km as águas do rio Paraná percorrem desde as suas nascentes até o estuário do rio da Prata, nas leituras realizadas, encontramos pelo menos três números diferentes, isto é, 4.695 km, 4.495 km e 3.800 km.

Os principais cursos d'água que formam o rio Paraná são o rio Paranaíba (Planalto Central) e o rio Grande (serra da Canastra), juntam-se à esses, pela margem direita os rios Verde, Pardo, Ivinheima, Amambai e Iguatemi cujas nascentes localizam-se nas serras de Caiapó e de Maracajú e pela margem esquerda, os rios Tietê (conhecido pela sua poluição), Paranapanema, Ivaí, Piquiri e Iguazu, cujas nascentes brotam na serra da Mantiqueira e na serra do Mar (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 6).

Recorrendo às ciências da Terra, como a Geologia e a Geomorfologia, nosso viajante pode diferenciar os principais substratos geológicos (rochas) que sustentam a rede de drenagem do alto rio Paraná e a sua calha fluvial. Nessa região, destacam-se as rochas ígneas e as rochas sedimentares (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 6). As primeiras, são aquelas de origem primária, que devido a sua textura, expressam as condições geológicas quando da sua formação, as outras, são aquelas derivadas das rochas ígneas, isto é, formadas a partir do material originado na destruição erosiva que geralmente é transportado e posteriormente sedimentado ou precipitado na superfície terrestre.

Nas partes altas da bacia, como na serra da Mantiqueira e na Serra do Mar, onde localizam-se algumas nascentes, vamos encontrar rochas ígneas, como as formações graníticas. Neste trecho, a calha fluvial encontra-se sobre o substrato rochoso que é constituído por basaltos⁴⁹, outro tipo de rocha ígnea, encontrados na *formação Serra Geral*. Esse substrato basáltico (geralmente de cor preta, podendo ser cinza-escura ou castanha; por sua dureza é chamada de pedra-ferro) imprime uma característica de vale fechado, de águas em corredeiras e saltos, como os de Urubupungá e de Sete Quedas, ambos encobertos pelos reservatórios de Jupia e de Itaipu (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 6).

⁴⁹ Esse tipo de rocha é muito utilizada na construção civil; nas ruas (paralelepípedo) e nas estradas (brita).

Dentre as rochas sedimentares, encontramos as arenosas, das formações Santo Anastácio e Caiuá (apresentam várias granulações, distinguindo-se arenito, areia, argila, silte, cascalho e seixos) próprias de vales abertos e águas sem corredeiras, encontradas na parte sul próximo de Guaíra. Junto à calha fluvial distinguem-se depósitos aluvionares que ocorrem no trecho compreendido entre Três Lagoas e Guaíra, cuja disposição é fruto dos movimentos recentes sofridos pelos blocos compartimentados pelos alinhamentos estruturais. Esses compartimentos receberam o nome de compartimento “lagoa São Paulo”, “rio Baía” e “Ilha Grande” (Souza Filho & Stevaux, 1997).

O relevo da bacia é acidentado na parte leste e sudeste, nas demais áreas há formas tabulares onduladas com inclinação suave em direção ao rio Paraná. Colinas alongadas com topos abaulados ou tabulares com altitudes que variam de 500m até 1.000m caracterizam o planalto central da bacia. Próximo da calha do rio, as altitudes diminuem dando lugar à **majestosa planície do rio Paraná** – *uma ampla área de acumulação que ocupa toda a calha do rio no segmento compreendido entre Três Lagoas e Guaíra* (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 13).

As duas feições geomorfológicas distintas que ocorrem na planície são conhecidas como o *Terraço Baixo* (forma característica: um grande conjunto de canais relícticos) e a *Planície Fluvial* (formas características: diques marginais, paleobarras e bacia de inundação, compreendem canais ativos e semi-ativos, lagoas e baixios alongados e associados) ((Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 13).

Para um visitante de primeira viagem, dependendo do trecho em que se encontra na planície de inundação, é difícil a distinção entre a planície e a margem do rio Paraná, sendo necessário uma descrição prévia sobre esse labirinto aquático.

Vejamos as informações de Souza Filho & Stevaux (1997, p. 15):

No trecho a montante, o canal passa de estreito e profundo, com margens estáveis, para largo e raso, com mudança marginais localizada, sempre com poucas ilhas (Pires Neto et al., 1994) e com barras compostas semi-submersas. Em sua parte média, no compartimento rio Baía, o número e o tamanho das ilhas aumentam para jusante, subdividindo o canal em dois braços, e em canais de menor ordem. O braço esquerdo é o principal, e tem profundidade superior a 10 m, enquanto o direito atinge cerca de 5 m (sic). As barras fluviais também são maiores e mais freqüentes para jusante. O trecho inferior tem dois canais definidos, separados por largas ilhas (dos Bandeirantes e Grande). Ao longo da ilha Grande o braço direito é o principal, e sua profundidade pode ultrapassar 20 m, enquanto que o braço esquerdo mantém profundidade próxima a 5m.

*O rio Paraná tem padrão multicanal, com braços separados por extensas ilhas. Essa disposição levou diversos autores a classificá-lo como anastomosado [...]. Porém, a estabilidade marginal, a relação largura:profundidade, o gradiente, a carga sedimentar e a tipologia das barras não permitem tal classificação. As amplas ilhas formaram-se devido à sedimentação do sistema anastomosado pré-existente, e vêm sendo modificadas pelo padrão atual entrelaçado, **que ainda não atingiu uma situação de equilíbrio** (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 33; grifo nosso).*

É possível imaginarmos uma situação de equilíbrio em um processo evolutivo de um rio bastante modificado por atividades de impacto em grande escala? Entretanto, a despeito do pouco conhecimento que dispomos, essa possibilidade nos parece um tanto remota.

A planície de inundação do alto rio Paraná apresentava um trecho livre de barragens de 480 km e aproximadamente 20 km de largura localizado entre a cidade de Três Lagoas

(Mato Grosso do Sul) e a de Guaira (Paraná). Em 1998, no entanto, esse trecho sofreu uma redução de área, pois a barragem de Porto Primavera, localizada na porção média deste trecho foi fechada. Atualmente, restam 230 km da planície de inundação (Agostinho *et al.*, 1999), este trecho está “prensado, achatado, sufocado por dois monstros de concreto”, os chamados reservatórios ou lagos, acima pelo reservatório de Porto Primavera e abaixo pelo de Itaipu (Figura 18). Se este trecho foi considerado o mais importante do rio Paraná por ser o único trecho livre de barragens, agora, sua importância ambiental deverá ser redobrada e divulgada de forma extensiva, senão corremos o risco de perdê-lo para o setor energético brasileiro.

O trecho dessa imensa planície que vem sendo estudada pelos pesquisadores do Nupelia compreende a região de Porto Rico, localizado entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinheima, na parte média do alto Paraná, em território brasileiro. Está imediatamente a jusante da barragem de Porto Primavera e cerca de 200 km a montante do remanso do reservatório de Itaipu (Agostinho *et al.*, 1999). Isto quer dizer em uma linguagem mais simples, abaixo de Porto Primavera acima de Itaipu.

Nesse território de águas represadas estão localizadas cidades com populações que possuem experiências íntimas com o rio, com a pesca e com o plantio.⁵⁰ Porto Rico, Vila São José e São Pedro do Paraná, localizam-se na margem esquerda do rio. Na outra margem, do lado sul-matogrossense, encontram-se outros núcleos urbanos, distantes a mais de 15 km da área ribeirinha.

⁵⁰ Um trabalho bem ilustrativo do modo de vida dessas populações está na dissertação de mestrado de Kimiye Tommasino, “Fugindo do sistema: começo e fim da utopia dos ilhéus do rio Paraná”, defendida na USP, em 1985.

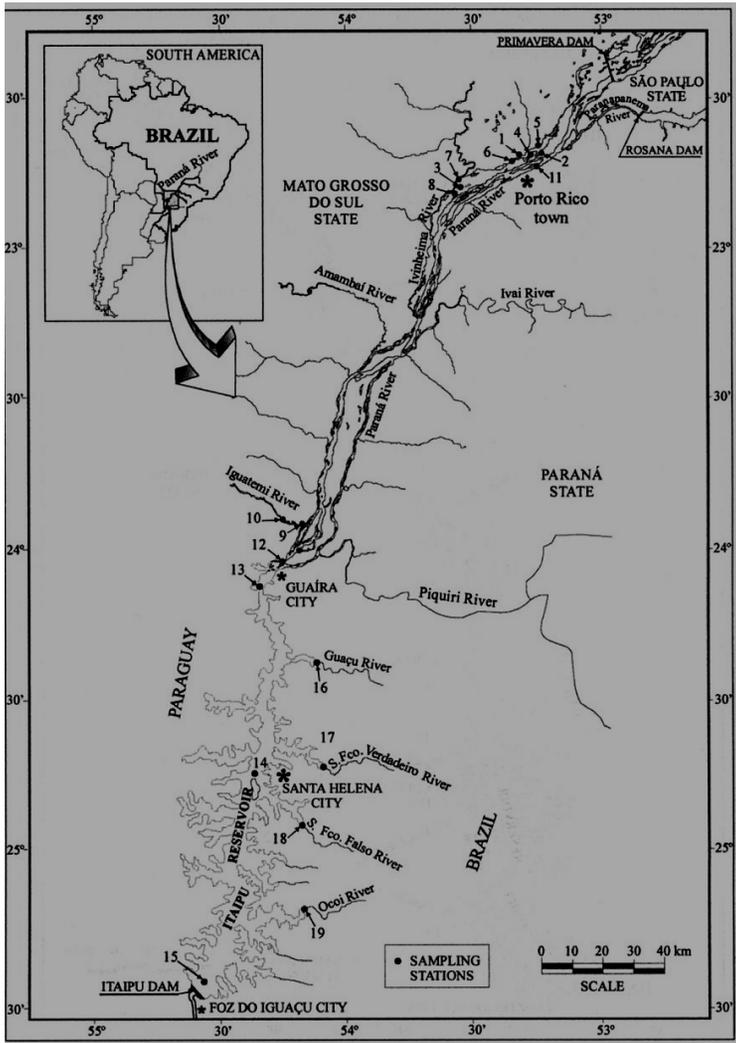


Figura 18 – Localização das barragens de Porto Primavera e de Itaipu no rio Paraná.

Fonte: Nupelia/UEM – cedida pelo desenhista Jaime Pereira.

Na planície de inundação temos vários rios, canais e lagoas. São eles, o rio Baía, o rio Ivinheima, rio Amambaí, rio Iguatemi, rio Sucuriú, o canal do Curutuba, o canal Cortado, o canal Ipuitã, as inúmeras lagoas como a das Garças, Fechada, do Guaraná, Ipê, Pousada das Garças, dos Patos, que compõem os corpos lênticos da região (Souza Filho & Stevaux, 1997, p. 41; Takeda et al., 1997, p. 167-168). Os próprios nomes dizem, – Ivinheima, Curutuba, Ipuitã, – ou Baía, Garças, Guaraná, Patos, Ipê – que esse “território” de água está vinculado a uma antiga cultura indígena e a uma memória que referencia a natureza. Há também muitas ilhas, como a ilha Grande que por sua vez abrange um conjunto de ilhas e várzeas marginais, como a dos Bandeirantes, Comprida, Baunilha, Gêmeas e Triângulo, dentre outras. Na verdade, todos esses nomes formam as extensas vias aquáticas mantidas pelo pulso de inundação.

Um dos aspectos mais importantes em planícies de inundação, como esta do rio Paraná, é a hipótese do pulso de inundação. Nesse sentido, seria conveniente averiguarmos melhor o conceito.

O pulso – do latim *pulsu*, *abalo*, *agitação*, *pulsção* – significa movimento de algo segundo as dimensões que o constituem: no corpo humano, o pulso são os batimentos das artérias, nos átomos, uma mudança momentânea em uma grandeza seguida de um rápido retorno ao seu valor normal, em um rio o pulso está ligado ao seu tecido vivo e não vivo, ou seja, à radiação solar, aos berços de suas águas – às rochas ou sedimentos, às suas quedas, seus meandros, ao vento, à sua velocidade, à sua composição química (oxigênio, nitrogênio, fosfatos etc), seu plâncton (*plankton*” palavra de origem grega que significa: o que erra, o que se movimenta sem destino (Kleerekoper, 1990)) composto por organismos vegetais

(*phytoplankton*=*fitoplâncton*) e animais (*zooplâncton*), peixes, moluscos... O que muitos chamariam de componentes, mas que em consideração à essa explosão particular de formas de vida, chamamos de singularidades dos cursos naturais das águas correntes. Ainda interpretando o conceito de pulso de inundação, um limnólogo diria:

Em um rio, o pulso está ligado ao volume de água, carregado pelo rio, que se altera de forma mais ou menos previsível ao longo do ano. Este pulso, depende das chuvas que caem em toda a bacia de drenagem. No caso do rio Paraná, as chuvas observadas entre os meses de outubro a março, provocam elevações dos níveis de água nesse período, quando grandes enchentes são constatadas na planície. Pode-se dizer que todo o sistema pulsa em decorrência dessas alterações da vazão do rio. Neste sentido, vários organismos destes ambientes encontram-se adaptados a tais pulsos, dependendo deles para o seu crescimento, alimentação e reprodução (Thomaz, S.M., 2000, informação pessoal).

Silveira (1999) falando do rio Amazonas, em seu texto “Admirável Amazonas: metáfora do pensamento”, traduz de outro modo, o significado de pulso de um rio:

Também o rio, e o fenômeno amazônico, dadas as características de sua bacia em termos de magnitude e de configuração geológica, é um exemplo notório – testemunha um processo evolutivo nitidamente irreversível de transformação da superfície do planeta que conforme o ponto de vista com que é enfocado, ou se apresenta altamente previsível como tendência às modificações morfológicas nas mais diversas escalas que se possa ser observado, ou guarda um grau altíssimo de imprevisibilidade sobre o destino de cada um dos seus componentes.

O rio Paraná⁵¹, rio que atravessa uma parte da planície de inundação, devido à construção das inúmeras barragens, provavelmente teve o seu pulso modificado nos últimos 18 anos.

Em termos ecológicos, o rio Paraná é um sistema de *rio-planície de inundação*⁵², ou seja, um sistema com significativa variação temporal de fatores físicos, químicos e biológicos e, portanto, sujeitos à alteração dos níveis hidrométricos, aos quais tem sido atribuído o conceito de “pulso de inundação ou pulsos”. Para o viajante, o pulso de inundação é, como o rio “enfrenta” períodos de inundação e de seca anualmente, seu fluxo ou caminho é ampliado ou não em velocidade, profundidade, deposição ou sedimentação, força e o conjunto de seres vivos é modificado em termos de espécies, seus nutrientes, sua reprodução etc.

⁵¹ Paraná, na linguagem tupi-guarani (“pará-nã”) significa rio veloz, rio caudaloso.

⁵² *As planícies são comumente drenadas por rios de escoamento lento e que descrevem meandros, ou se dividem em vários braços. O exame de uma planície, do ponto de vista geológico, revela em sua parte superficial rochas sedimentares relativamente recentes [...] a planície de inundação apresenta uma área pouco elevada acima do nível médio das águas sendo frequentemente inundada por ocasião das cheias* (Guerra, 1987, p. 338-9). Para Wolfgang Junk (1996) os sistemas denominados “rio-planície de inundação” compreendem as áreas alagáveis (ou áreas inundáveis, que também são denominadas de zona de transição entre uma fase aquática e uma terrestre) adjacentes de rios de grande e médio porte. O conceito de “pulso de inundação” foi formulado por Junk et al., em 1989 para melhor compreensão dos processos ecológicos nos sistemas de rios-planície. Thomaz & Bini (1999, p 17) esclarecem essa teoria dizendo: *A teoria do pulso de inundação (Junk et al., 1989) tenta explicar o funcionamento de grandes rios associados a planícies de inundação (por exemplo, os rios Paraná, Amazonas, Orinoco, Mississipi etc). De acordo com essa teoria, as inundações, previsíveis ou imprevisíveis, são as principais funções de força responsáveis pelos padrões de produtividade e interações da biota.*

Retomando Silveira (1999), será que essa dinâmica de pulsos vem descrevendo um “novo processo evolutivo” de um rio que embora sofrendo várias transformações, algumas irreversíveis de seu curso natural, ainda mantém seu potencial de vida, seu pulso com outra regularidade ou outro padrão a ser redescoberto pelos pesquisadores? Podemos dizer, tomando nossa longa experiência individual e cultural de brasileiros desterrados, que à nossa semelhança, o rio Paraná foi “desenraizado” e, agora, após quase 20 anos de barramentos tenta “re-construir-se”.

Dos 130 reservatórios construídos na bacia do rio Paraná, em terras brasileiras, 26 têm uma área maior do que 100 km², cobrindo uma extensão cerca de 14.000 km² de área inundada, isso corresponde a múltiplos (des)caminhos para um rio ou na reconstituição de suas singularidades.⁵³

⁵³ *O segmento da bacia do rio Paraná em território brasileiro, que drena cerca de 891 000 km², representa a área com a maior densidade demográfica e concentração industrial do país. Nela se pratica uma agropecuária que inclui o uso massivo de agentes químicos e a eliminação da vegetação ripariana. Além disso, os cursos de água desse trecho são regulados por cerca de 130 reservatórios, cujas barragens têm alturas superiores a 10 metros. Vinte e seis reservatórios têm áreas superiores a 100 km², cobrindo mais de 13 000 km² (sic – observamos que em artigo (Agostinho, 1997) o autor apresenta o valor de 13 000 km² e em outro (1995) consta 14 000 km². Nesse trabalho, consideraremos para o cálculo de comparação, o último valor, pois somando-se todas as áreas de reservatórios temos 13.909 km²) [...]. As vegetações atestam uma notável capacidade regenerativa, neutralizando em alguns meses os efeitos mais notáveis nas queimadas em que estas ocorrem. Além disso, o aporte de alguns rios de médio e grande porte e ainda não represados, como Ivinheima, Ivaí, Amambá e Piquiri, minimizam os efeitos da regulação de vazão impostos pelos represamentos. Utilizando os critérios empregados por Welcomme (1979) para determinar os estágios de modificação de rios de planície alagável, pode-se classificar a planície de inundação do alto rio Paraná como “levemente modificada”, com áreas mais restritas “não modificadas” (Idem, ibidem, p. 455-457). Acreditamos que essa classificação*

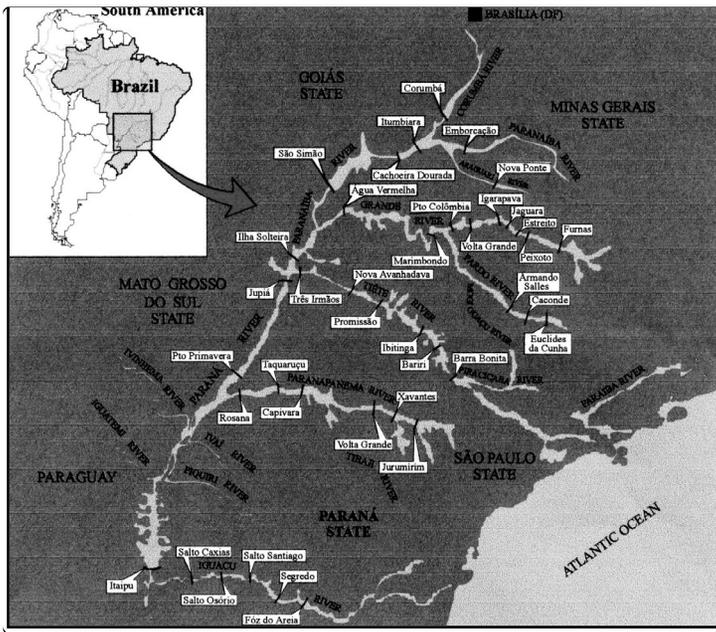


Figura 19 – Localização dos reservatórios construídos na bacia do alto rio Paraná.

Fonte: Nupelia/UEM – Cedida pelo desenhista Jaime Pereira.

Qualitativamente é muito difícil avaliarmos os impactos sob os cursos d'água da região, no entanto, para que possamos ter uma idéia do que isso representa em termos quantitativos, utilizamos as comparações cedidas pelo matemático Adriano Rodriguez Ruiz da UEM⁵⁴. Vejamos, o que pode significar

– “levemente modificada” – suaviza e não explora aquilo que chamamos de a história evolutiva de um rio que bruscamente precisa se reordenar do caos e buscar outras regularidades para assumir (ou não) novos padrões em termos morfológicos, energéticos e de vida natural. São, como já dissemos, duas dinâmicas – a do homem e a do rio.

⁷⁴ Comunicação pessoal (15/04/00).

esse tanto de terra (14 000 km²) que foram inundados por “apenas” 26 reservatórios na área da bacia do alto rio Paraná: *“cabe três vezes e meia em Costa Rica; no Estado do Paraná que não é muito pequeno, cabe quatorze vezes; em Portugal, cabe seis vezes e meia e equivale a 28 vezes a área do município de Maringá, como Maringá possui cerca de 300.000 habitantes, parece razoável dizermos que essa área poderia abrigar uma população superior a 8 milhões de habitantes.*

Como disse Sagan (1998) *os números grandes são parte integrante da ciência moderna*, mas no nosso cotidiano, números como milhões, bilhões, trilhões não têm significado, por isso é difícil imaginar 14.000 km² de terras sejam ocupadas por reservatório de água e, muito menos que o Parque Nacional de Ilha Grande (Unidade de Conservação, resultante de uma longa luta de ambientalistas do noroeste paranaense) com área de 788 km², seja tão pequeno se comparado com as áreas dos reservatórios. A área do Parque representa apenas 6% de trecho livre de represamento do rio Paraná.

Entrelaçando os fios da vida...visível.

Nessa “nova” história do rio Paraná, de seu pulso, como se comporta seu tecido de vida? Esse imenso tecido, constituído de fios diversos de fauna e flora, estão vinculados às lagoas, canais e ilhas, ambientes de água e de terra, chamados de ambientes associados ou várzeas. Nessas fronteiras de água e terra, plantas e animais reconstróem sua história adaptativa.

Buscando conhecer um pouco dessa história, nosso viajante juntou-se ao grupo de professores e alunos (biólogos, limnólogos e ecólogos) do Nupelia, para uma experiência de

campo na Base Avançada de Pesquisas da UEM, localizada na margem esquerda do rio Paraná, em Porto Rico. Foi assim:

O grupo de estudos chegou na “Base” numa noite de junho/1998, portanto, era inverno, época de águas baixas na planície de inundação do rio Paraná. Aqueles que chegaram ao local pela primeira vez estavam ansiosos e animados, logo foram até a margem esquerda do canal principal do rio Paraná e finalmente estavam diante de uma planície de inundação. A água corria mansa e o silêncio noturno foi quebrado pela conversa do pequeno grupo que, aos poucos, foi se deixando encantar pelo sossego que não temos nas cidades. Deitamos na rampa de acesso aos barcos, admiramos a noite e a nitidez das inúmeras constelações de estrelas.

Na madrugada que estava um pouco fria e sem chuva, o grupo partiu em pequenos barcos a motor. Os barqueiros, Tião e Alfredo, que conhecem aquele local como a “palma de sua mão”, levaram todos para “navegar” sobre aquelas águas com reflexos prateados, da margem esquerda atravessaram para o outro lado, percorrendo alguns canais e “bocas” de rios. Foi um passeio por um verdadeiro labirinto aquático.

Quando clareou o dia, – estávamos no rio Baía, suas águas claras fluíam sem pressa⁵⁵, no sentido contrário ao barco. Nessas águas foram realizados estudos hidrológicos, como medição da velocidade de fluxo e da vazão da água (volume de água que passa numa área por unidade de tempo), a profundidade e a declividade do leito.

⁵⁵ O rio Baía é uma afluente da margem direita do rio Paraná, entre o Mato Grosso do Sul e Paraná. Apresenta “lagoas concatenadas”, ou seja, inúmeras lagoas junto ao seu curso. A baixa velocidade da água verificada na sua foz (de 0,11 a 0,50 m/s) em relação à velocidade da água do rio Paraná (de 0,90 a 0,98 m/s) parece estar relacionada com a interrupção no seu curso superior devido a barragem de terra da usina hidrelétrica de Porto Primavera (FUEM/PADCT-CIAMB, 1995).

Os trabalhos de campo subsequentes foram realizados nos meses de dezembro/1998 a março/1999 em uma época considerada como *“período de águas altas”, quando as temperaturas são quentes e as chuvas mais freqüentes, com exceção de períodos atípicos* (Thomaz et al., 1997).

As características e peculiaridades que arranjam e tramam os diferentes “tecidos” da planície de inundação, como as do canal do Cortado, canal Curutuba, rio Baía, lagoa do Guaraná, ressaco do Pau Véio e ressaco do Leopoldo e do canal principal do rio Paraná, foram observadas “superficialmente” (em função do pouco tempo) e depois comparadas e constatadas por meio dos estudos científicos já publicados pelo Nupelia.

Observar, experimentar, formular hipóteses, interpretar a natureza no meio de tanta água, foi uma lição científica capaz de nos proporcionar descobertas e redescobertas inimagináveis, pois temos a mania de pensar que conhecemos tudo do mundo natural. Além das anotações de campo, guardamos na memória algumas imagens (Figura 20) que ilustram a beleza, a grandiosidade e a vitalidade dos diferentes ambientes do rio Paraná, seus canais, suas “prainhas”, suas plantas aquáticas, suas árvores, seus animais, sua gente.

O rio Paraná nos dá a sensação de um algo sem vida, sem rumo... Somente a tarde somos capazes de perceber no espelho da água os restos do sol.

Ao reiniciar a manhã vemos todas as nuances de vida, o rio coalhado de vidas... as suas margens ... suas plantas – embaúbas, sangra-d’água ou crótons, ingás, angicos e figueiras, suas aves...

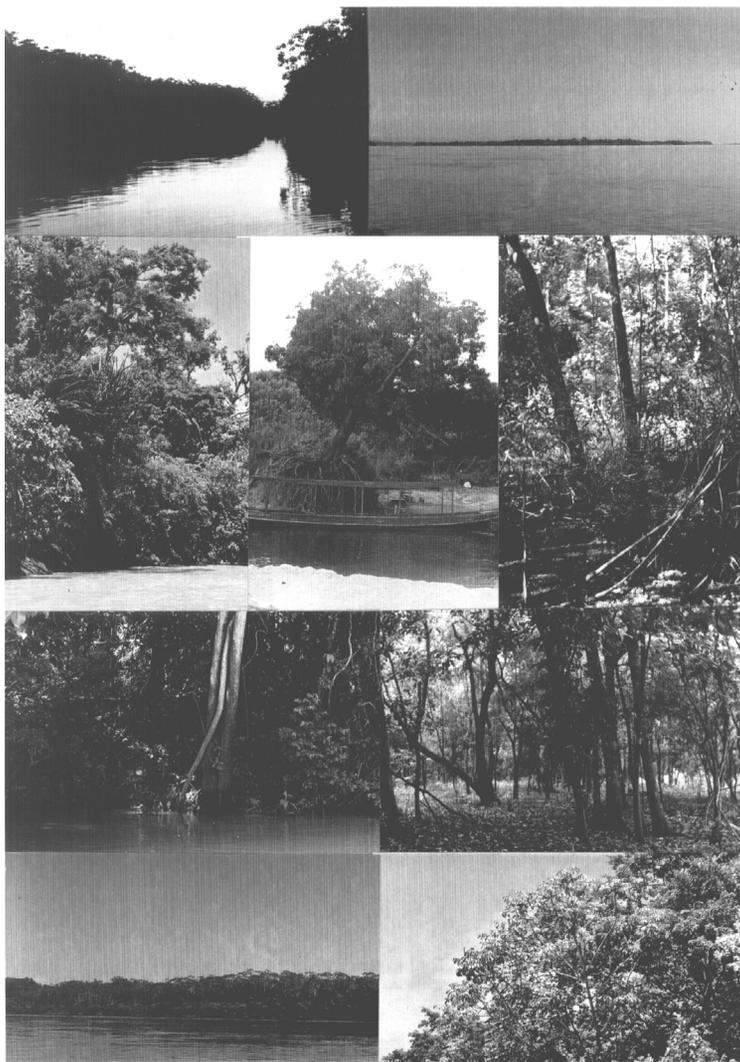


Figura 20 – Mosaico de paisagens da planície de inundação do alto rio Paraná.
Fonte: Fotos da autora. Jun./1998 e Mar./1999.

Vamos recortar um ponto desse imenso rio-planície para falar da cadeia de vida local. Como na ilustração abaixo, pensemos esse ponto para compreender as diferentes formas e funções dessa cadeia biológica.



Figura 21 – Fauna e flora aquáticas
Fonte: Pôster, autor desconhecido.

Nesse panorama do mundo natural localizamos uma porção de fauna e flora – chamados pelos ecólogos de biota terrestre – não estudados na planície toda, apenas localizados

em termos de número de espécies e distribuição geográfica. Da infinidade de espécies que compõem a fauna e que provavelmente habitam locais como esses de rio-planície de inundação, apenas alguns foram citados.⁵⁶

Se a planície de inundação é constituída por ambientes ou habitats úmidos ou alagáveis, é natural que encontremos anfíbios, ou seja, animais como sapos e pererecas (família Hylidae) e rãs (Leptodactylidae). Esses pequenos animais que costumam pular e coaxar, têm um ciclo de vida no qual passam por uma metamorfose (mudança de forma) completa. Desde quando os ovos são postos na água, os diferentes estágios larvais aquáticos (como os girinos) até as formas adultas terrestres, sendo necessário seu retorno à água para reprodução.

Apesar de não acreditarmos mais naquelas histórias do século XVI e XVII, em que os animais despertavam suspeita moral quando os sapos eram identificados como íntimos de feiticeiras e bruxas, ainda convivemos com inverdades em relação aos sapos, tais como “pisar em sapo dá verruga⁵⁷”,

⁵⁶ O não estudo da fauna terrestre, na planície de inundação do rio Paraná, significa uma cadeia com perdas, pois torna-se impossível compor conhecimentos acerca da adaptação evolutiva da planície, seu rio e seus seres vivos. Com relação aos mamíferos (“mastofauna” na linguagem de impacto ambiental) que possuem hábitos predominantemente noturnos, há muitas dificuldades para a realização de inventários “verdadeiros”, entre essas, a falta de recursos financeiros e exíguo tempo de observação e identificação dos animais geralmente comprometem os levantamentos de muitas espécies, como a onça (*Panthera onça*) o puma (*Felis concolor*) entre outros, geralmente limitam os estudos de fauna e nós continuamos supondo que eles existem e vivem no local, onde eles foram uma vez registrados. Quanto à flora, sabemos que muitos esforços vêm sendo realizados para o conhecimento das plantas que ocorrem na planície, no entanto, os próprios pesquisadores consideram insuficientes o número de levantamentos florísticos capazes de fornecer uma compreensão acerca da dinâmica dos poucos remanescentes florestais existentes na região.

“mijo que cega”, “pererecas são “nojentas” e outros jargões anti-ecológicos. Eles não são horrorosos como parecem, até “soltam a voz em serenatas melancólicas” em época de cheia. Algumas espécies de sapo apresentam vários tipos de cantos: para chamar a fêmea, na seca por falta de chuva, de “tristeza”.

Na Base em Porto Rico, nas noites quentes de verão, encontramos uma variedade deles (pererecas “imóveis” nas paredes dos banheiros, sapos marrons escuros que parecem ser uma “pedra” na frente das casas, pequenos sapinhos que pulam o tempo todo) caçando insetos, aranhas e outros invertebrados. Das 22 espécies de anfíbios registradas na região de Porto Primavera, 8 são de pererecas e 8 de rãs – sendo que a *Physalaemus fuscomaculatus* possui uma restrita distribuição em relação aos demais que são biogeograficamente mais comuns (Agostinho *et al.*, 1999).

Entre os répteis – animais que se caracterizam pela presença de escamas e corpo alongado com ou sem membros – encontrados no local, 37 espécies pertencem à 13 famílias diferentes (Agostinho *et al.*, 1999). Ecologicamente, os répteis apresentam interessantes interações com os outros grupos animais e mesmo os vegetais. A característica predadora do grupo coloca esses animais como importantes controladores das populações de moluscos (lesmas e caracóis), insetos, peixes, anfíbios e os próprios répteis.

Os répteis (cobras, lagartos, tartarugas e crocodilos) diferentes dos anfíbios, por terem adquirido a independência da vida aquática, também possuem ciclo de vida diferente, a maioria deles põem ovos com casca calcárea, apesar de alguns

⁵⁷ Os anfíbios possuem pele úmida, sem pêlos ou escamas, pulmões e “sangue frio”. Os sapos, diferentes das rãs, apresentam glândulas de veneno que se concentram acima e atrás dos olhos em duas intumescências. O veneno, no caso do “sapo caruru” é bastante ativo e seria perigoso se ele pudesse injetá-lo.

colocarem os ovos dentro do corpo, com posterior nascimento dos filhotes vivos. Alimentam-se tanto de vegetais como de animais. A necessidade de umedecer os alimentos fez com que eles desenvolvessem glândulas salivares, as quais, alguns grupos transformaram em glândulas de peçonha (veneno).

Na região de Porto Primavera, estudos (Agostinho *et al.*, 1999) constataram que, das 37 espécies de répteis, 16 eram de cobras comuns (Colubridae) 6 de lagartixas (Gekkonidae) e 3 de lagartos (Teiidae). O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) da família *Alligatoridae* é uma das espécies mais importante do local. Possui cerca de 3 metros e vive entre a vegetação aquática das margens dos rios e lagoas, alimenta-se de moluscos aquáticos e outros vertebrados, em condições normais não costuma atacar o homem. No Brasil, atualmente, o jacaré-de-papo-amarelo é considerado uma espécie ameaçada de extinção (EMBRAPA, 1994).

Embora em menor número de espécies, as cobras peçonhentas (com veneno) também habitam na região, destacando-se o gênero *Bothrops* – as conhecidas jararacas, cruzeiras ou urutus. No seu “cardápio” predominam rãs e pererecas, pequenos roedores e, quando em perigo, atacam picando “pés ou canelas” de boi, cavalos, homem e outros animais, envenenando-os com suas mandíbulas afiadas. As espécies sem peçonha (sem veneno) como as cobra-cipó e cobra-verde representadas pelo gênero *Chironius* e *Philodryas*, foram mais abundantes no local. Essas cobras, como o próprio nome diz, possuem hábitos arborícolas (vivem nas árvores), enquanto que a cobra-d’água (*Helicops infrataeniatus*), a jararaca-do-banhado (*Mastigodryas bifossatus*), comuns na região, habitam locais pantanosos, rios, lagoas e áreas alagáveis. Muitas cobras e lagartos fazem parte da alimentação dos gaviões e águias, aves carnívoras.

As aves sempre atraíram a curiosidade humana por serem facilmente distinguíveis entre os outros animais e por apresentarem detalhes morfológicos externos especiais. Suas penas e/ou plumas coloridas, seus bicos (comprido, curto, reto, recurvado, fino) seus pés (palmados, membranosos – para remar, com garras afiadas, lobados e achatados), seus ninhos “arquitetônicos”, sua voz e seus vôos, encantam qualquer ser humano. As aves são “peças” importantes na manutenção da integridade dos ambientes aos quais pertencem, pois são responsáveis pela reprodução e dispersão de diversas espécies de plantas, tanto na polinização como na distribuição de sementes onde habitam (Santos, 1960; Tesche, 1981; Belton, 1982).

A capacidade de migração de algumas espécies de aves de um continente a outro, de uma região para outra em função da mudança de estação (rotas de verão e de inverno são definidas) é de fato uma habilidade magnífica. Durante o deslocamento ou migração, algumas aves seguem rotas terrestres óbvias – costas, rios, cadeias montanhosas – mas outras não. Cada espécie tem seu tempo certo para ir e vir, de um hemisfério a outro (norte/sul), fazem pousos para se alimentar e nidificar, seus “navegadores de rota” ainda não foram totalmente desvendados e se, talvez essa rota se esconda no sistema neuro- endócrino e no seu “relógio” biológico (Sick, 1983).

Que aves podemos encontrar na planície de inundação do rio Paraná? Nas observações realizadas nos diferentes ambientes próximos de Porto Rico encontramos: a “rainha dos rios” – garças-brancas, o “hidroavião mergulhador” – biguatinga, as “maritacas alegres” – papagaios, as marrecas “vi-vi-viu”, os maçaricos, os martins-pescadores, as jaçanãs, os anus-pretos, as tesourinhas, os urubus no alto das árvores

entre muitos outros. Como escreveu o ornitólogo Willian Belton (1982, p. 120): *Um atento observador de aves, que procura em todos os habitats distintos e disponíveis, num raio de poucos quilômetros de sua cidade ou de sua casa no campo, e em todas as estações do ano, deverá encontrar 100 a 150 espécies, sem dificuldade...*

Atentos observadores estudaram quais as aves que habitam na região noroeste do Estado do Paraná e áreas limítrofes, o que foi possível considerar essa área como a de maior riqueza de espécies do Estado. Seus dados apontam que as famílias com maior número de espécies pertencem à Ordem *Passeriformes*, que são os pássaros. Desses, a família com maior número de espécies é a *Tyrannidae* (68), seguido pela *Emberizidae* (canários, curiós, sanhaços, coleiros e tiês) com (48) espécies (Agostinho et al., 1999). Os tiranídeos são pássaros bastante comuns. Conhecidos como papa-moscas ou papa-insetos, vemos alguns representantes comuns em nosso meio: bem-te-vi-do-mato, tesourinha, borboletinha, noivinha, rizadinha etc.

Entre as aves de hábitos aquáticos registradas (Agostinho et al., 1999) no alto rio Paraná, destacam-se (em número decrescente de espécies): garça-moura (*Ardea cocoi*), garça-branca-pequena (*Egretta thula*), garça-branca-grande (*Egretta alba*), savacu (*Nycticorax nycticorax*) e socó-boi-verdadeiro (*Trigrisoma lineatum*) – *Ardeidae* (11); marreca-piadeira (*Dendrocygna vidua*) e pato-do-mato (*Cairina moschata*) – *Anatidae* (6); colheireiro (*Ajaia ajaia*) e curicaca (*Theristicus caudatus*) – *Threskiornithidae* (5); cabeça-seca (*Mycteria americana*), João-grande (*Ciconia maguari*) e jabiru (*Jabiru mycteria*) – *Ciconiidae* (3); biguatinga (*Anhinga anhinga*) – *Phalacrocoracidae* (1) e jaçanã (*Jacana jacana*) – *Jacaniidae* (1). O maçarico solitário (*Tringa solitaria*) e o maçarico de

perna-amarela (*T. flavipes*) figuram entre as aves aquáticas migratórias da América do Norte, presentes na região. Entre as espécies em extinção no Estado do Paraná, está o macuco (*Tinamus solitarius*) uma ave distinta, solitária, com cerca de 48 cm (parece uma “grande” perdiz triste), habita matas vivendo no chão. Empoleira-se durante a noite e seu pio é uma nota prolongada, raramente emite dois pios. Ao entardecer costuma emitir três pios e emudece.

As aves, do ponto de vista estético, possuem características fáceis de observar na região da planície. A beleza da garça branca é inegável, seu vôo (com o pescoço encolhido e as penas esticadas) contra o céu avermelhado pelo pôr-do-sol, é realmente belo. A garça pequena (com cerca de 58 cm de altura) tem bico preto e pés amarelos, há quem chame-os de “chinelo de ouro”, a grande (94 cm) tem bico amarelo e pés pretos. Elas geralmente caminham nas margens de rios e lagoas. Na água rasa esperam pacientemente por um inseto, caranguejo, molusco, sapo, répteis e peixes, que são engolidos bem rapidamente depois de estocados pelo bico. As duas aves nidificam em colônias (ninhais), as vezes compartilham seus ninhos com outras espécies como o colheireiro e o biguá.

O biguatinga assim como seus “parentes” – os biguás são aves que possuem 4 dedos dos pés unidos por uma membrana, o que facilita a sua habilidade embaixo d’água, sendo hábeis pescadores, quando avistam um peixe, mergulham e perseguem-no sob as águas em grandes zig-zagues, até pegá-lo com o bico. Os biguatingas, apresentam cerca de 80 cm de altura, plumagem preta, prateada e com reflexos esverdeados nas asas, cauda longa em forma de leque, bico longo, fino e pontudo e cabeça pequena. Mergulham muito bem, geralmente ficam só com a cabeça fora d’água, voam com o pescoço estendido alternando batidas de asas

com vôo planado, por isso se parecem com um “hidroavião”. Nidificam em bandos (Tesche, 1982).

A marrecas-piadeira ou irerê (tamanho aproximado – 44 cm) exibe uma bela plumagem marrom-negra, mas sua principal característica está na “máscara branca” na cabeça, sendo preta nas partes de trás do pescoço e cabeça. É comum encontrarmos marrecas, aves com membranas interdigitais que unem os três dedos da frente, vivendo em campos inundáveis, arrozais, lagoas. As marrecas-piadeiras, muito conhecidas pelo seu som: “vi-vi-viu”, levam uma vida mais ativa na noite, de dia preferem descansar em bandos e seus ninhos são construídos no chão.

A pequena jaçanã – única Jacanidae presente na América do Sul é uma habitante muito graciosa vista no meio da vegetação aquática. Seu porte pequeno (23 cm) é ressaltado pela forte coloração de sua plumagem ferrugíneo vivo, quando adultos apresentam a cabeça, pescoço, peito e dorso pretos, ao abrir as asas percebe-se uma cor amarela esverdeada clara. O bico é amarelo e tem um escudo frontal vermelho vivo com barbilhões laterais. A delicadeza com que a jaçanã caminha sobre os aguapés é algo notável e lhe é dada pelos seus longos dedos, com unhas de até 4 cm de comprimento. Fora da época de reprodução elas costumam migrar em bandos. Os machos geralmente assumem a responsabilidade completa no cuidado de ovos e filhotes, não há distinção de cor entre machos e fêmeas.⁵⁸

⁵⁸ Agostinho e Julio Jr. (1996) em um excelente artigo intitulado *Ameaça ecológica: peixes de outras águas*, apresentam os problemas conseqüentes da introdução de espécies “exóticas” nas bacias hidrográficas brasileiras. Entre os problemas, destacamos as *alterações do sistema aquático principalmente a reorganização das cadeias alimentares, na produção orgânica e na dominância das espécies*.

Como vemos, as aves de hábitos aquáticos são elos importantes numa imensa cadeia alimentar – entre outros animais que lhes servem de alimento e as plantas aquáticas que lhes oferecem abrigo e refúgio. Além das aves, mamíferos de hábito semi-aquático e gregários como a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), o maior roedor vivo do mundo (chegando a atingir 1,30 m de comprimento e 0,60 m de altura, pode pesar 60 kg), possuem populações distribuídas nas margens dos rios e lagoas da planície.

As capivaras são fáceis de identificação em campo, mas fogem rapidamente para dentro da água quando alguém se aproxima. Apresentam pêlo de cor marrom com tons avermelhados e, na parte inferior, cinza-amarelado. Têm um corpo compacto, sem cauda, os olhos e orelhas estão localizados bem no alto da cabeça grande, o focinho é alto e obtuso. É um animal essencialmente herbívoro, em sua dieta consome cerca de 3 a 4 kg/dia de vegetação fresca, incluindo vegetais aquáticos. Necessita de água para beber, nadar, mergulhar, comer e proteger-se e de terra seca para descansar. Seus principais predadores naturais “eram” as onças, pumas e outros carnívoros, que comiam principalmente, os seus filhotes (Silva, 1984). Em rios que atravessam cidades, onde não existem mais predadores naturais, as capivaras estão formando grandes populações, chegando a serem consideradas “pragas” por agricultores ribeirinhos. Quem invadiu o espaço de quem, é um assunto interessante para discutirmos quando falamos de educação ambiental e ciência.

Entre outros mamíferos que habitam locais próximos de cursos d’água, citados para a área de Porto Primavera (Agostinho *et al.*, 1999) estão o veado-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) – animal de porte formoso e elegante, possui uma galhada com cerca de 60 cm e duas hastes grossas ramificadas e muitas pontas. Seu pêlo é marrom-avermelhado,

sendo pretos a ponta do focinho e os pés; e a anta (*Tapirus terrestris*) – animal de grande porte (chegando a medir 2,0 m de comprimento e pesar 300 kg), de aparência primitiva, pêlos baixos de cor marrom escura, hábitos noturnos, andam em trilhas que sempre terminam junto à rios, onde procura a água para nadar e refugiar-se dos caçadores. A anta é atualmente um animal ameaçado de extinção devido a matança indiscriminada (Silva, 1984; EMBRAPA, 1994).

Os mamíferos, embora sejam considerados os animais mais vulneráveis às perturbações ambientais resultantes da construção de barragens, os seus habitats terrestres foram suprimidos e substituídos por águas, no entanto, ainda podem ser encontrados. Conforme evidenciam os estudos, aproximadamente 60 espécies de mamíferos pertencentes à 25 famílias foram documentados na região da planície de inundação, sendo 11 espécies de morcegos (*Phyllostomidae*), 6 de carnívoros (*Felidae*), 4 de veados (*Cervidae*) e 4 de roedores (*Cricetidae*). Desse total registrados, estima-se que 20% estão listados como espécies ameaçadas e em perigo de extinção. Durante a avaliação de impacto ambiental para a construção da usina de Porto Primavera, 44 espécies foram registradas pela primeira vez (Agostinho *et al.*, 1999).

Se pensarmos que a “avaliação de impacto ambiental” antecede a modificação e destruição dos habitats terrestres não seria pertinente dizer que 44 espécies foram registradas pela primeira e quiçá última vez, devido à construção da barragem de Porto Primavera?

Dos mamíferos citados (Agostinho *et al.*, 1999) para região, tais como: pumas/onça-parda, onças, porcos-do-mato, graxaim-do-mato, tatus, tamanduás, bugios, macacos/micos, coatis e iraras, nosso biólogo viajante teve a oportunidade de avistar 3 micos (*Cebus spp*) na região de Porto Rico, no local conhecido pelos pesquisadores como “praça da república”.

Em uma manhã de verão, observou-se os indivíduos movimentando-se nos galhos das árvores mais altas. Esses graciosos macaquinhos (atingem cerca de 85 cm e pesam de 2 a 4 kg) alimentam-se de folhas, flores, frutas, ovos e pequenos animais, foram avistados e reconhecidos pela sua coloração escura nas partes superiores e pelo seu topete de pêlos longos na frente e sua longa cauda prênsil e ainda pelos seus guinchos e assobios (Silva, 1984).

Durante os estudos para o reconhecimento geral da vegetação, vimos várias pegadas e vestígios de animais, principalmente nos locais onde o solo estava mais encharcado, havia muitas impressões de patas e pés, indicando a presença de algum tipo de ave e de mamífero.

Quando nosso viajante biólogo passou por alguns rios e riachos “normais” (não os de planície), constatou que a mata ciliar⁵⁹ ou ripária, consideradas como as zonas verdes que protegem as margens de cursos d’água – tão importantes quanto a própria corrente de água – foram dando lugar a outras paisagens. Nas zonas rurais, as matas foram substituídas por rizicultura (cultura de arroz) e por barrancos instáveis sem vegetação. Nas zonas urbanas, essas matas praticamente foram eliminadas pelo desenvolvimento urbano e industrial e a sua ausência tem trazido grandes transtornos às populações ribeirinhas.

⁵⁹ A mata ciliar ou ripária ocorre nas porções de terreno que incluem tanto a ribanceira de um rio ou córrego, de um lago ou represa, como também as superfícies de inundação, chegando até às margens do corpo d’água (Reichardt, 1989) (In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. **Anais...** Coord. L. M. Barbosa. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 20-24). Na literatura botânica e outras, podemos encontrar as seguintes denominações: mata de anteparo, mata de galeria, floresta de galeria, mata marginal entre outras. A expressão mata ciliar, pode ser entendida como cílios vegetais, em analogia aos cílios (pêlos que protegem) de nossos olhos.

Antes do crescimento das cidades, existiam matas ciliares ao longo dos rios, embora relativamente pequenas se comparadas com outros habitats, mas sua importância ultrapassava seu tamanho. A vegetação ciliar – o pulmão do rio – dá sombra a corrente de água, mantendo-a fresca, suas plantas fornecem alimento e refúgio a muitos animais de hábitos aquáticos e terrestres. Aqueles rios que ainda possuem sua mata ciliar preservada, juntos formam uma entidade única, sem a vegetação, um rio perde suas qualidades para manter diferentes comunidades aquáticas, como algas, animais de plâncton e de fundo, peixes etc. em sua dinâmica natural.

Muitos rios “urbanos” perderam sua maior riqueza para proteção da qualidade de suas águas – sem a mata ciliar que atua como filtro natural – tornaram-se poluídos pela grande quantidade de esgotos e lixo despejados em seu leito. As constantes enchentes urbanas estão relacionadas a outro problema causado pela destruição da mata ciliar. Suas plantas em interação com solo e a água, atuavam como um regulador dos fluxos de água (superficiais e sub-superficiais) e de sedimentos carregados das partes mais altas da bacia hidrográfica. Estudos comprovaram que essas barreiras naturais equilibram o índice de erosão das margens. Uma margem estável é essencial para uma corrente saudável, mas infelizmente as funções naturais das matas ciliares foram interrompidas e desconsideradas ao serem eliminadas.

A destruição da vegetação florestal e ciliar no alto rio Paraná, não foi diferente dos outros rios visitados pelo nosso viajante. No entanto, na Figura 20, vimos que existem matas (fragmentos isolados) remanescentes com característica de “floresta” e de “mata ciliar ou ripária”, tanto nas áreas próximas à calha do rio Paraná, como nos conjuntos de ilhas, canais, afluentes e lagoas.

Em termos ecológicos, a vegetação da região recebe denominações específicas e foram *separadas em Classes de*

Formação, correspondente à estrutura fisionômica determinada pelas formas de vida dominantes: florestal (macro e mesofanerófitos, lianas, e epífitas) e não – florestal (micro e nanofanerófitos, caméfitos, hemicriptófitos, geófitos, terófitos, lianas e epífitas) (Campos & Souza, 1997, p. 332). Traduzindo essa terminologia botânica, para uma linguagem do nosso cotidiano, temos: as formações florestais possuem conjuntos de árvores (plantas de alto e médio porte), plantas lenhosas e/ou herbáceas reptantes – os cipós e epífitas (cactáceas, bromélias e orquídeas), enquanto que as formações não-florestais correspondem aos campos, esses, quando localizados em planícies de inundação são chamados de várzeas, onde predominam as gramíneas, ciperáceas, poligonáceas entre outras, de características hidromórficas que tendem avançar ou recuar sobre as áreas sujeitas à alagamentos (IBGE, 1992).

A área da planície, vista pelo biólogo viajante, situa-se na *região fitoecológica denominada de Floresta Estacional Semidecidual* (Paraná, 1995). Essa possui duas formações distintas, uma aluvial (compreende agrupamentos vegetais situados em solos freqüentemente cobertos pelas águas dos rios; em áreas mais secas e melhor drenadas e sobre diques aluviais, ao longo do rio Paraná) e outra submontana (compreende vegetações situadas em áreas do arenito Caiuá) (Campos & Souza, 1997).

Para conhecer parte das formações vegetais da planície, visitamos a Fazenda Unidas, na margem direita do rio Baía, município de Bataiporã – MS (Figura 22). Estamos num ambiente de várzea, mais conhecido como “varjão” do Paraná, compondo a vegetação rasteira, temos gramíneas, poligonáceas como a erva-de-bicho, ciperáceas como juncos e tiriricas, ervas como a cruz-de-malta (*Ludwigia* sp) entre outras. Nas bordas laterais da mata, em solos úmidos alguns

indivíduos jovens de embaúbas e ingás, colonizam o ambiente. No canto esquerdo da foto, vemos um remanescente de floresta que, embora tenha sido alterado por atividades de agricultura, em seu interior, nos sentimos num local típico de mata, com um “microclima” mais frio e sombrio, devido o sombreamento das copas das árvores mais altas. Nesse local, existiam sítios arqueológicos, onde em foram encontrados pedras e pedaços de cerâmica, deixados pelos índios, antigos habitantes (informações provenientes do professor guia).

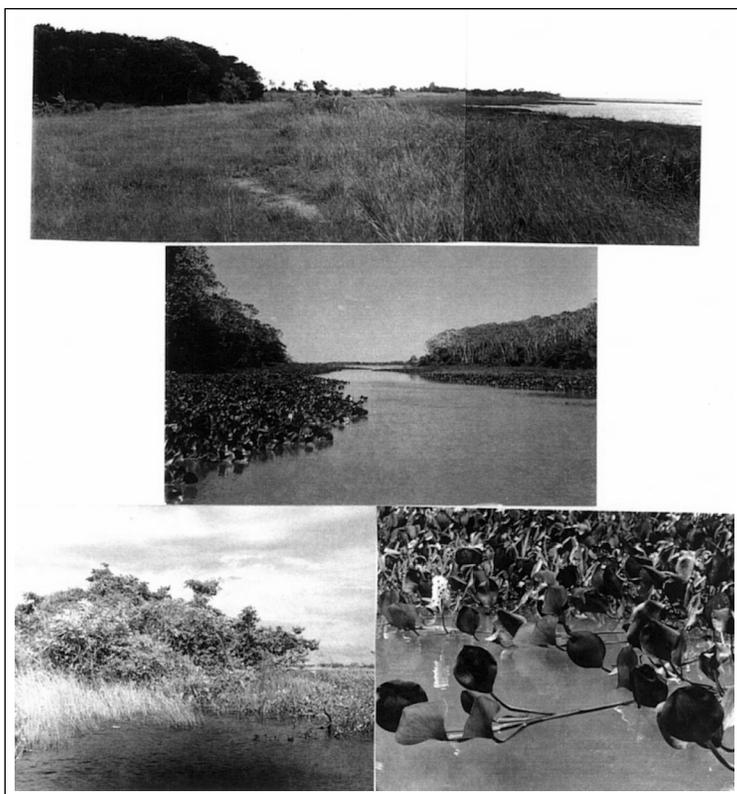


Figura 22 – Recorte: ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná.

Fonte: Fotos da autora, pesquisa de campo, Fev./1999.

No interior da mata, o solo um pouco úmido, estava coberto por serrapilheira (folhas secas em decomposição), vemos vários fungos macroscópicos (em forma de orelhas de cor cinza e amarelado) e minúsculos (cogumelos brancos), pequenos sapos e nas folhagens de plantas jovens e nos troncos das árvores; encontramos aranhas de vários tamanhos e formas, ouvimos tucanos e bem-te-vis. Percorremos a mata de leste a oeste, a altura média das árvores atingiam aproximadamente 15 m, embora tenha passado um bom tempo sem identificar plantas, algumas eram quase “familiares”, foi possível reconhecer algumas espécies pelos frutos capsulares e abertos caídos no solo, como do açoita-cavalo-gráudo (*Luehea* sp) uma árvore bonita com folhagem discolor e bordos irregularmente serreadas; e dos frutos – “pau-de-cachimbo”, do jequitibá (*Cariniana estrellensis*); e outras espécies conhecidas como: farinha seca, pau-d’alho, coração-de-negro, trichilia, ipê, branquilha, angico, sangra-d’água ou licurana, peroba, canela, cedro, canafístula, tanheiro, alecrim, goiabinha e um tipo de palmeira.

A segunda foto (do meio) da Figura 22, mostra uma parte do canal do Cortado, ambiente localizado na margem esquerda do rio Paraná, abaixo de Porto Rico. Ao amanhecer no canal, vimos e ouvimos a movimentação de várias aves voando e pousando nos galhos das árvores parecia que estavam alimentando-se. Na foto do local, podemos identificar três tipos de vegetação, em ambas as margens destacam-se as macrófitas aquáticas que formam um espesso tapete verde; na margem direita ao fundo, “predominam” as embaúbas (*Cecropia* sp) que com suas copas esgalhadas, formam cordões de coloração verde-clara, as quais parecem estar sempre em busca de maior insolação. Esse aspecto, fornece-lhe a posição de espécie precursora ou pioneira. Na margem oposta, a

vegetação ripária é bastante distinta, está sobre um dique marginal, com árvores de maior porte (altas e grossas).

Em um rápido exercício de identificação das árvores de grande porte mais comuns do local, encontramos: sabonete-de-soldado, angico, canela, pateiro e algumas mirtáceas e rubiáceas, no solo há inúmeras plântulas de indivíduos originados das árvores ali existentes. Os cipós (lianas) se enrolam em muitas plantas, formando emaranhados lenhosos. Interessante notar que, passando pelas partes mais altas dos diques, formados pelo próprio rio, após lentas deposições, nos deparamos com lagoas temporárias, nas partes mais baixas do terreno. As espécies diferem de um local para outro, podendo ser encontradas nos locais mais encharcados: embaúbas, sapopema (árvore de raiz tabular), pteridófitas (samambaias – avenças), erva-de-rato, epífitas e cana-do-brejo.

Deixamos o canal do Cortado e fomos conhecer outro ambiente, a Mata do Araldo. Essa mata, “famosa pela sua importância nos estudos fitoecológicos da planície”, está localizada na margem esquerda do rio Paraná, município de Porto Rico. Além das espécies que permitem sua caracterização como um “remanescente florestal”, a mata apresenta outras particularidades (Souza, Cislinski e Romagnolo, 1997). Vindo pelo rio, subimos por um barranco, onde a espécie vegetal facilmente identificável são os ingás *Inga* sp, árvores que vivem quase sempre à beira dos rios, também muito comuns na planície do rio Paraná. As suas flores são melíferas e os seus frutos “em forma de vagens carnosas, espessas são procurados por animais (Sanhotene, 1989, p. 97-99).

Nesse local, tem-se a impressão de estar em um local povoados de muitas aves e mamíferos. Observamos o solo ainda úmido, com pouca ou total ausência de serrapilheira, notamos a presença de pegadas e fezes de diferentes animais

e de pequeninas conchas de moluscos bivalves (0,5 cm) espalhadas pela mata. Percorrendo-se o interior da mata, várias árvores de grande e médio porte são avistadas.

Informações recentemente divulgadas em Agostinho *et al.* (1999) acerca da *flora fanerogâmica* (essa flora compreende árvores de grande e pequeno porte, arbustos, herbáceas ou ervas, cipós e algumas epífitas) da planície de inundação do alto rio Paraná mencionaram 97 famílias botânicas, 295 gêneros e 450 espécies. Em termos de riqueza de espécies, as famílias com maior representatividade foram: Fabaceae (38), Myrtaceae (23), Euphorbiaceae (22), Rubiaceae (22), Solanaceae (20) e Mimosaceae (18). Índices estatísticos, como o de similaridade analisado entre os locais amostrados em levantamentos florísticos do Nupelia e outros grupos, indicam que a diversidade alfa, isto é, local, é baixa devido em parte à pressão seletiva impostas pelos alagamentos anuais e pelos impactos diretos sobre as florestas (Agostinho *et al.*, 1999).

Na interface entre ambientes de terra e água da região da planície ouvimos falar das “comunidades de macrófitas aquáticas”. A terminologia científica adota diferentes termos para tratar do mesmo objeto. No entanto, Wetzel (1982) e Esteves (1998)⁶⁰ nos esclarecem quanto a essa terminologia, contando que as denominações mais antigas vão desde “traqueófitos aquáticos, hidrófitas, limnófitos” até o atual “macrófitas aquáticas”. Entre elas estão vegetais que variam desde macroalgas, como o gênero *Chara*, poucas espécies de fungos e fetos adaptados a ambientes aquáticos, até as

⁶⁰ No capítulo “Comunidades de macrófitas aquáticas”, do livro Fundamentos de Limnologia de Esteves (1998) encontramos riquíssimas informações acerca da importância dessas plantas na dinâmica dos ecossistemas, suas adaptações anatômicas e fisiológicas, emprego e utilização da sua biomassa etc.

angiospermas, como o gênero *Typha* (junco “tabôa”). Vejamos aonde podemos encontrar macrófitas aquáticas, segundo Esteves (1998, p. 318):

Na região litorânea podem ser encontradas várias comunidades vegetais, que tornam esse compartimento um dos mais produtivos e com muitos habitats, na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais. Estas comunidades variam desde algas unicelulares até angiosperma [...], sendo estes últimos vegetais, os que apresentam, geralmente, a maior biomassa. Além disto, são capazes de influenciar fortemente a diversidade e a densidade das demais comunidades vegetais presentes nesta região.

Interpretando a terminologia dos estudos limnológicos⁶¹, isso significa dizer que, as macrófitas aquáticas assim como inúmeros invertebrados aquáticos (moluscos, crustáceos, insetos etc.), “povoam um dos compartimentos” de um sistema aquático lacustre, denominado de região litorânea que, por sua vez, *representa uma região de transição (ecótono) entre o ecossistema terrestre e lacustre* (cuja profundidade pode variar de 0 a 15 metros partindo da margem, dependendo do tipo de ambiente).

Quanto ao habitat (lugar onde se vive; morada natural), espécies de macrófitas aquáticas como os aguapés, erva-de-sapo, alface-d’água ou flor-d’água etc, geralmente são mais

⁶¹ A Limnologia é um dos ramos da Ecologia que estuda os ecossistemas aquáticos continentais. No Brasil, essa ciência vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas (séc.XX). No artigo de Thomaz & Bini (1999): “*Limnologia: enfoques e importância para o manejo dos recursos hídricos*”, encontramos informações atualizadas, objetivas e esclarecedoras a respeito dessa ciência que parece ser tão pouco conhecida, mas que trata ecologicamente de um dos elementos vitais para a sobrevivência dos seres vivos – as águas doces.

abundantes nas margens de rios, lagos, lagoas, represas e brejos. Quanto ao tamanho dessas plantas, o olhar do biólogo viajante volta seu interesse para as plantas aquáticas macroscópicas, ou seja, aquelas visíveis a olho nu.

Os grupos ecológicos genericamente conhecidos, variam de acordo com o seu biótopo, destacando-se as macrófitas aquáticas *emersas ou emergentes, com folhas flutuantes e submersas enraizadas* (plantas enraizadas no sedimento – com folhas para fora d'água, folhas na superfície da água e totalmente submersas na água), *submersas livres e flutuantes* (Esteves, 1998).

Na planície de inundação do rio Paraná, embora os estudos ecológicos acerca das macrófitas aquáticas sejam recentes, dados inéditos de Souza *et al.* (1997 *apud* Agostinho *et al.*, 1999) registraram a existência de 48 táxons, sendo 32 emergentes, 3 com folhas flutuantes, 6 flutuantes livres, 5 submersas enraizadas e 2 submersas livres.

A palavra táxon, encontrada na classificação sistemática de plantas (botânica) e animais (zoologia) significa um agrupamento biológico, que pode ser de qualquer categoria, gênero e espécie. Desses “táxons”, em uma linguagem popular, temos o aguapé-da-flor-roxa, dama-do-lago, jacinto-d'água, rainha-dos-lagos entre outros nomes, que pertence a família Pontederiaceae (*Eicchornia azurea* e *E. crassipes*). Formam extensos tapetes verdes juntamente com outras espécies de outras famílias, tais como: a salvinia ou erva-de-sapo (*Salvinia auriculata*), musgo d'água (*Azolla* sp), flor d'água ou alface-d'água (*Pistia* sp), murerê-de-flor-amarela (*Utricularia* sp).

Estas plantas flutuam formando os “bancos de macrófitas” nas águas das lagoas, canais e ambientes com pouca correnteza. Nas imagens anteriores, visualizamos esses tapetes verdes de macrófitas cobrindo parte do canal do Cortado, em detalhe, os aguapés (*Eicchornia*), aspecto da

vegetação paludícola⁶² encontrada nas várzeas e nas margens de alguns rios e lagoas, tais como, a gramínea (*Panicum prionitis*), o aguapé (*Sagittaria montevidensis*), a erva-de-bicho (*Polygonum* sp), o chapéu-de-couro (*Echinodorus* sp).

Gotas d'água – desvendando as tramas invisíveis dos rios e lagoas

*O mundo? Gotas
De luar sacudidas
Do bico de uma garça
Dogen apud Sagan (1998)*

Quando a água doce abre caminho pelas paisagens ribeirinhas e lacustres facilmente conseguimos reconhecer plantas e animais visíveis aos nossos olhos. Quando pensamos nas gotas que formam as extensas massas d'água existentes nos rios e lagoas, nem sempre imaginamos a vitalidade desse mundo invisível. Esse, por sua vez, nem sempre é tão invisível assim, pois alguns peixes, habitantes magnificamente preparados para a vida aquática, podem ser avistados, às vezes, como uma sombra escura e silenciosa que desliza embaixo da água, outros, como um relâmpago prateado saltando à superfície para apanhar insetos ou frutos e sementes de plantas.

O biólogo viajante, surpreendeu-se pelo fato de não ter pescado ou se alimentado de peixes, num local aparentemente natural para tal experiência⁶³. Mas, antes de

⁶² O tipo de vegetação paludícola é aquela que vive nos charcos e lagoas.

⁶³ Acreditamos que a idéia de “rios poluídos” que temos em nossa cultura urbanizada faz com que levemos todos os “alimentos industrializados” para serem lá consumidos. Será que o significado disso não seria um indicativo do nosso distanciamento do meio natural? Ou realmente os peixes não tem qualidade para o consumo humano, apenas para a pesquisa?

conhecemos um pouco dos peixes da planície de inundação, vamos relatar como podemos observar os microscópicos ou pequenos organismos aquáticos, os quais, constituem as importantes comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobênticas do rio Paraná.

No século XVII, com a invenção do microscópio, A. von Leeuwenhoek e M. Malpighi foram os primeiros e mais importantes praticantes da microscopia. Descobriram, além das células sangüíneas e dos espermatozoides, o plâncton de água doce (Mayr, 1988, p. 123)⁶⁴. Assim tornou-se possível ver que, dentro de uma gota d'água, existe um "universo" totalmente diferente, cheio de organismos que podem ser vistos com o auxílio de um microscópio.

Esse assunto, nos remete a frase de Goethe: *Nos reflexos coloridos temos a vida*, pois quando olhamos uma amostra de água de rio ou lagoa contra a luz do sol, vemos vários pontos luminosos ou cintilantes. Esses pontos, quando vistos sob uma lente de um estereoscópio (lupa) ou de um microscópio óptico ou eletrônico, "transformam-se" em inúmeras formas de vida: protozoários, algas, rotíferos, ovos e larvas de peixes etc.

Os estudos dos organismos aquáticos necessitam de vários processos metodológicos e práticos que vão desde os objetivos (Que animais/plantas estudar?, Qual a composição e a abundância desses organismos?), dos métodos de coleta de amostras em campo, tais como fixação, preservação e armazenamento até as atividades de laboratório, como os estudos de identificação e classificação dos organismos (estudo taxonômico) e quantificação (contagem de indivíduos). Como disse Kleerekoper (1990, p. 14): *...classificar esses organismos*

⁶⁴ Segundo Kleerekoper (1990, p 179) a palavra "plankton" foi introduzida na terminologia hidrobiológica por V. Hensen, em 1887.

realmente não consiste em folhear livros didáticos e tratados estrangeiros ilustrados, como, às vezes, o leigo estudioso pensa...

Retomando os estudos ecológicos da planície do rio Paraná, vamos conhecer um pouco acerca da riqueza de espécies, bem como da diversidade das comunidades aquáticas. Conforme Agostinho *et al.*, (1999) os organismos aquáticos são os grupos mais estudados da planície de inundação do alto rio Paraná. Desde 1986, algas perifíticas e fitoplancônicas, zooplâncton, zoobentos, peixes e macrófitas vêm sendo estudados em diferentes ambientes da planície⁶⁵. Todas essas

⁶⁵ *Em termos limnológicos e ecológicos é importante saber que as características físico-químicas e a produção primária mostram alta variação espaço-temporal nos rios e nos ambientes da planície e que os organismos aquáticos respondem de acordo com essas características. Essas características, que são fortemente afetadas pelo regime hidrológico do rio Paraná, nos períodos de águas tendem à homogeneização dos ambientes aquáticos influenciados pelo rio (Agostinho *et al.*, 1999). As lagoas da várzea são locais que ocupam as depressões dos canais ativos – como o rio Paraná, o complexo fluvial do rio Baía, Curutuba e Ivinheima, ou canais inativos e apresentam comunicação constante (lagoa do Guaraná e lagoa Pousada das Garças) ou temporária com o rio Paraná ou com os canais secundários. Essas lagoas são conhecidas como ambientes léticos. Na planície, as profundidades das lagoas variam entre 1,5 e 5,0 metros, apresentam os menores valores médios de temperatura, de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido e as maiores concentrações médias de clorofila-a (Thomaz *et al.*, 1997, p.79). As lagoas temporárias são ambientes que secam parcial ou totalmente durante a ausência de cheias. Localizam-se principalmente no interior das ilhas do rio Paraná. Os ambientes semiléticos caracterizam-se pela reduzida velocidade da água. O melhor exemplo de ambiente semilético é o rio Baía, que se alarga consideravelmente na planície fluvial (Thomaz *et al.*, 1997, p. 80). Os rios Paraná e Ivinheima caracterizam-se pelo rápido fluxo da água em suas calhas, sendo denominados de ambientes léticos. Entre as suas características limnológicas (da água) temos: valores neutros ou alcalinos de pH, elevados valores de condutividade elétrica, alcalinidade total e oxigênio dissolvido, baixas concentrações de clorofila-a. O rio Paraná, apresenta baixas concentrações de fosfato e altas concentrações de nitrato quando comparados aos demais ambientes da planície.*

comunidades aquáticas possuem uma riqueza de espécies, estrutura e dinâmica de vida (importantes processos ecológicos, como a produção primária, consumo e decomposição⁶⁶) sujeitas às alterações dos pulsos de inundação, determinadas pelas variações das características físicas, químicas e biológicas.

Na delicada e complexa cadeia alimentar de ambientes de águas doces, temos:

A comunidade fitoplanctônica – é composta de microorganismos fotoautotróficos que vivem a maior parte de seus ciclos de vida na zona pelágica, ou seja, é constituída por algas uni e pluricelulares, denominadas cientificamente de fitoplâncton. A classificação sistemática das algas, embora bastante complexa, nos estudos da planície, já revelaram a existência de 300 táxons de fitoplâncton, pertencentes a várias classes (Train *apud* Agostinho *et al.*, 1999).

Entre as algas encontradas no “subsistema rio Ivinheima,

⁶⁶ Termos como produção e decomposição correspondem a etapas do metabolismo do ambiente aquático. Para Esteves (1998, p. 98, 100) a produção é realizada por todos os organismos capazes de sintetizar matéria orgânica, a partir de gás carbônico, sais minerais e energia solar. Esses organismos são chamados de produtores primários e se localizam principalmente na zona eufótica. Os produtores primários são as algas, as macrófitas aquáticas e algumas espécies de bactérias. Uma parte da produção total (produção primária bruta) destes organismos é gasta na manutenção de seu próprio metabolismo, enquanto que a outra parte é transformada em biomassa (produção primária líquida), que constitui a fonte de energia para as cadeias alimentares de todo o ecossistema. Outra etapa do metabolismo é o consumo, que corresponde ao processo no qual, os organismos consumidores (zooplâncton, peixes e insetos aquáticos) obtêm sua energia direta ou indireta, a partir da matéria orgânica sintetizada pelos produtores primários. A decomposição é realizada principalmente por bactérias e fungos, que decompõem a matéria orgânica até sais minerais, H_2 e CO_2 . O papel dos decompositores é fundamental no ecossistema aquático, pois através de sua atividade, eles promovem a circulação de nutrientes possibilitando que estes sejam reaproveitados pelos organismos produtores.

rio Baía e rio Paraná”, temos o grupo com a maior diversidade – as Chlorophyceae (Train & Rodrigues, 1997 apud Agostinho *et al.*, 1999). As clorofíceas são algas verdes. Sua tonalidade pode variar do verde claro, amarelado ao verde escuro como acontece com as folhas das árvores devido a presença de pigmentos como a clorofila-a, xantofilas e carotenos. Essas algas têm uma organização muito variada, podendo ser unicelulares, com células de formatos interessantes: de meia lua, aciculares, esféricas, reniformes, triangulares e outras, colônias ou pluricelulares, constituindo filamentos ramificados ou não (Wetzel, 1982; Esteves, 1998).

A classe Bacillariophyceae também é um grupo importante no rio Paraná, sendo que o gênero *Aulacoseira* sp é o mais registrado (Oliveira *et al.* apud Agostinho *et al.*, 1999). Muitas pessoas conhecem essas algas pela denominação mais antiga, ou seja, diatomáceas. Essas algas, de cor parda ou amareladas, podem ser unicelulares ou filamentosas, desprovidas de flagelos. Distinguem-se pela presença de uma carapaça ou frústula silicosa que recobre a parede celular formada por duas metades sobrepostas, formando diatomitos. Podem ter formas cêntricas ou cilíndricas e pinadas e são boas indicadoras de poluição (Wetzel, 1982; Esteves, 1998).

Nas lagoas da várzea, as algas da classe Cyanophyceae que, embora sejam conhecidas como algas azuis, apresentam outras colorações que variam do verde azulado ao pardo. A cor verde azulada geralmente predominante é devido a presença de um pigmento azul, a ficocianina, associado à clorofila. Durante o período de águas baixas podem ser verificados “florações” ou “blooms” de algumas algas, como a *Anabaena* sp e *Microcystis* sp (Train & Rodrigues; Rodrigues *apud* Agostinho *et al.*, 1999). Os termos “florações ou blooms” em termos gerais, significa o excessivo crescimento de algas microscópicas que formam “flocos biológicos” na água. As

Anabaenas são de fácil reconhecimento ao microscópio, parecem um colar de bolinhas verde-azuladas. São conhecidas popularmente, pois alguns representantes (como a *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena flos-aquae*) produzem toxinas na forma de alcalóides e glicopeptídeos (Rodrigues & Pacheco, 1997) que causam intoxicações no gado, diarreia no homem (por exemplo, o caso das mortes de pacientes internados para tratamentos de hemodiálise, em 1997 em Caruaru), dermatite em banhistas, morte de outras algas, invertebrados planctônicos, peixes e aves.

Outro grupo importante na Planície são as algas Euglenophyceae, isto é, algas dotadas de flagelo, com cor verde ou pardo (devidos aos pigmentos verdes e outros). O número de flagelos é variável entre 1 e 3, um maior e mais visível que o outro. São abundantes em lagoas temporárias, em meios ricos em matéria orgânica, não liberam toxinas. A *Euglena* é o gênero mais conhecido dessa classe, mas outros como *Phacus*, *Trachelomonas* e *Dinobryon*, são comuns na região estudada. A maior riqueza de espécies fitoplanctônicas observadas durante o período de águas baixas no rio Paraná, lagoas temporárias e lagoa dos Patos, se contrapõe à maior riqueza de espécies na lagoa do Guaraná e rio Baía, durante os períodos de águas altas, segundo os pesquisadores; ainda não está definido um padrão entre os fatores hidrológicos e a riqueza de espécies (Agostinho *et al.*, 1999).

O biólogo viajante também teve a chance de conhecer as comunidades zooplanctônicas ou o zooplâncton: são os organismos microscópicos tais como os protozoários (tecameba e ciliados), os rotíferos, os microcrustáceos – cladóceros (*Daphnia* sp) e copépodos (*Microcyclops* sp) que flutuam livremente na água, distribuindo-se verticalmente na coluna d'água tendem a mover-se até a superfície durante a noite e ficar no fundo durante o dia.

Esses organismos possuem grande importância ecológica nos ambientes aquáticos por participarem como “complexos elos” no processo de transferência de energia e ciclagem de nutrientes dentro da cadeia alimentar, assim como estão sendo utilizados em experiências de bio-manipulação com o objetivo de controlar a eutrofização de corpos d’água (Esteves, 1998).

As variações do pulso de inundação associados às variações espaço-temporais dos fatores ambientais acarretam oscilações na composição e abundância da comunidade zooplanctônica na planície do alto rio Paraná. A riqueza de espécies dos vários grupos zooplanctônicos variam de acordo com o ambiente. As tecamebas são amebas com carapaça de proteção do protoplasma, abundantes em ambientes lóticos com vegetação marginal, alimentando-se de partículas pequenas. O maior número de táxons de tecameba foi encontrada nos rios Paraná e Ivinheima (50), lagoas (46) e ambientes semi-lóticos (39) (Lansac-Tôha *et al.*, 1997 *apud* Agostinho *et al.*, 1999).

Os rotíferos são o grupo de animais mais abundantes em número, nos ambientes de água doce, a maioria planctônica. Possuem corpo coberto por uma cutícula delgada e é formado por 3 partes ligeiramente diferenciadas (cabeça ou coroa ciliar, tronco ou mástax e pé).

Os hábitos alimentares desses pequeninos seres distinguem-se em herbívoros (alimentam-se de bactérias e algas filamentosas), carnívoros (alimentam-se de outros rotíferos) e onívoros (alimentam-se de detritos). O período de vida dos rotíferos é curto, de poucos dias ou semanas. *O maior número de táxons de rotíferos foi registrado em lagoas (133), rios (106) e ambientes semi-lóticos (105)* (Agostinho *et al.*, 1999).

Os microcrustáceos, conhecidos como pulga-d’água (*Daphnia* sp) pertencem ao grupo dos Cladóceros e vivem na

região litorânea e pelágica dos rios e lagoas. Os cladóceros planctônicos apresentam vários apêndices. As pulgas d'água por exemplo, possuem um par de antenas em cada lado da cabeça e é com essas antenas que ela se move e flutua na água, meio desajeitada e aos saltos. Os saltos deram origem ao seu nome. Elas também possuem apêndices torácicos, uma carapaça bivalve envolve seu corpo, ficando com a cabeça livre, a qual apresenta um "olho" composto que serve para orientar a natação (Esteves, 1998).

Os cladóceros são filtradores e sua "dieta básica" é constituída de algas e detritos, apenas duas espécies são predadores. Os copépodos possuem o corpo alongado, com cabeça, tórax e abdômen e vários apêndices. Sua forma é muito diferente à da pulga d'água. Entre os copépodos distinguem-se os calanóides, que são essencialmente filtradores de algas, enquanto que os ciclopóides são carnívoros (comem larvas de dípteros e oligoquetas e outros microcrustáceos). No entanto, eles podem apresentar outros hábitos alimentares dependendo do seu desenvolvimento e habilidade de captura (Esteves, 1998).

Na planície, os dados mais recentes indicam que nos períodos de águas altas, há maior densidade de tecamebas nos rios, rotíferos nas lagoas e ambientes semi-lóticos, cladóceros nos ambientes lóticos e semi-lóticos e os copépodos em todos os ambientes, enquanto que nos períodos de águas baixas verifica-se uma alteração, sendo que as tecamebas apresentam maiores densidades nas lagoas e ambientes semi-lóticos, os rotíferos nos rios e os cladóceros, nas lagoas. Porém, assim como para as comunidades fitoplanctônicas não há definição de um único padrão para a diversidade encontrada na planície (Agostinho *et al.*, 1999).

A comunidade zoobentônica representa aqueles macroinvertebrados que vivem no fundo de lagos e rios

aderidos a substratos como as rochas, pedras, plantas aquáticas ou resíduos vegetais, ou enterrados no sedimento. Se falamos em macroinvertebrados significa dizer que, alguns desses organismos, podem ser observados a olho nu (Wetzel, 1982; Esteves, 1998).

Nosso viajante participou de trabalhos de coleta de zoobentos no rio Baía e na Lagoa do Guaraná e depois da triagem do material, afirmou nunca ter visto tantas larvas de chironomídeos – insetos da ordem Diptera. Estes, a olho nu, parecem minúsculas minhocas de cor marrom-escura avermelhadas com cerdas nas duas extremidades que se contorcem entre outros organismos diferentes. Os organismos maiores foram facilmente identificados quando lavamos as amostras de substrato em água corrente, utilizando peneiras com diversos tamanhos de abertura de malha.

Os organismos zoobentônicos distinguem-se em microbentos (protozoários), mesobentos (aqueles retidos em peneira de 0,3-0,8 mm de abertura de malha, tais como: harpaticóides, ostracóides e pequenos anelídeos) e macrobentos (retidos em peneira de 1-2 mm de malha, como os moluscos, anelídeos, larvas de insetos e crustáceos) (Wetzel, 1982; Esteves, 1998).

Em termos ecológicos, vários fatores determinam a distribuição de macroinvertebrados na planície aluvial, tais como: tipo de substrato (orgânico, arenoso, argiloso, seixo etc), vazão do rio principal, alimento disponível, estado de modificação do ambiente terrestre (desmatamento da vegetação ripária) e o pulso de inundação (Takeda *et al.*, 1997). As comunidades bentônicas desempenham importantes funções na dinâmica dos nutrientes, pois atuam removendo os nutrientes contidos na matéria orgânica (detritos) que vão se depositando e se decompondo no fundo dos lagos e rios. Muitos organismos que vivem sobre o fundo

ou enterrados nele como os oligoquetos, tubificídeos, quironomídeos e alguns efemerópteros, em seu processo de movimento para buscar alimento, oxigênio e proteção, removem os sedimentos que entram na cadeia alimentar, via produção primária (Esteves, 1998).

Dos 80 táxons identificados na planície do rio Paraná, o maior número registrou-se no rio Baía. Em geral, os insetos da família Chaoboridae (*Chaoborus* sp) e Chironomidae (*Chironomus* sp) fazem parte dos grupos mais importantes do levantamento da fauna bentônica. Na lagoa do Guaraná, o (*Campsurus violaceus*) da Ordem Ephemeroptera foi dominante. É interessante notar que esse inseto, como o próprio nome diz, tem vida curta ou efêmera. Embora seu estado larval dure vários meses, quando adulto vive poucas horas, o tempo suficiente para encontrar uma fêmea e fecundá-la. Outras lagoas são dominadas por insetos Chironomidae nas zonas litorâneas, e por (*Chironomus* sp) e Chaoboridae nas zonas pelágicas. Os “quironomídeos” também são abundantes nas margens do rio Paraná e no centro do canal Curutuba, enquanto que (*Paranadrilus descolei*) da classe Oligochaeta (anelídeos comumente conhecidos por vermes ou minhocas) são abundantes no canal Ipuitã e rio Ivinheima. No rio Baía, as maiores densidades de quironomídeos estão associadas aos sedimentos grosseiros como o cascalho (Takeda *et al.*, apud Agostinho *et al.*, 1999).

As espécies de peixes fazem parte de estudos em diversas áreas, geralmente associados a um duplo contexto: ao da investigação da biologia e ecologia, compondo a Ictiologia e ao aproveitamento econômico, denominado Aqüicultura.

Com a intenção de conhecer as espécies de peixes de planície do rio Paraná, o viajante apresentou suas preocupações à respeito daquelas espécies consideradas “da nossa terra”,

antes que elas desapareçam de seus habitats naturais, pois como disse Agostinho *et al.*, 1997, p. 180-181) os peixes da bacia do alto rio Paraná estão vulneráveis a muitos impactos. Vejamos alguns:

A ictiofauna dessa região está sujeita aos impactos das ações antropogênicas desenvolvidas ao nível local (extração de areia, exploração da Pfaffia, pecuária extensiva, agricultura de subsistência e pesca) e regional (alterações na amplitude, época e frequência das cheias em razão dos barramentos a montante: agricultura com o emprego intensivo de produtos químicos, precariedade das práticas de conservação do solo e remoção das matas ciliares; e ocupação das sub-bacias afluentes por grandes centros urbanos e industriais). A dimensão desses impactos e seus graus de importância não tem sido determinados para a bacia. Sabemos, no entanto, que a fauna de peixes dos trechos superiores da bacia foi depauperada por algumas dessas atividades.

Além desses impactos, a introdução de espécies de outras águas tem sido considerada uma ameaça ecológica⁶⁷. Entretanto, parece-nos que há pouco fazer, pois os peixes considerados de crescimento rápido, maior resistência e facilidade de manejo têm atraído⁶⁸ o “mercado dos piscicultores” em várias regiões do país desde a década de 1920.

⁶⁷ Idem nota 58.

⁶⁸ Nosso biólogo que “não entendia quase nada de peixe”, resolveu há pouco mais de 4 anos, participar de um curso “extensão” de piscicultura tropical, no município de Capão da Canoa, RS. Que decepção... Muitas inverdades biológicas, ecológicas e sociais foram ditas num só evento, que se soubesse antes não teria empenhado os poucos recursos financeiros no curso e no “bonito livro – Manual de Piscicultura Tropical” de Proença & Bittencourt (1994) publicado pelo IBAMA. A respeito disso, cabe-nos algumas reflexões: Como o IBAMA, o órgão responsável pelas questões ambientais, que deveria zelar pelo cultivo de espécies nativas no Brasil, incentiva uma prática contrária? Como para a natureza não existe

Os estudos realizados nos últimos anos ao longo do trecho livre da planície de inundação do alto rio Paraná, ou seja, entre o reservatório de Itaipu e a foz do rio Paranapanema, revelaram quais são as espécies de peixes que podemos encontrar nessa região. A diversidade ictiofaunística está representada por 170 espécies, sendo 6 espécies introduzidas de outras bacias e pelo menos 13 espécies “tiveram acesso” ao local depois da criação do reservatório de Itaipu (Agostinho *et al.*, 1997).

diferença, peixe é peixe, independente de sua origem, causa-nos certa repugnância ler informações desse livro, como estas: *Além da carne, existem outros produtos derivados de peixes cultivados. É o caso da hipófise, pequena glândula localizada abaixo do cérebro. Ela pode ser extraída e seca em acetona para uso nos laboratórios de reprodução de peixes. Estas glândulas valem hoje no mercado cerca de 200 dólares por grama – são necessárias entre 300 e 500 hipófises para totalizar 1,0 g do produto. Além das hipófises, o couro de certos peixes tem encontrado mercado excelente [...]* (Proença & Bittencourt, 1994, p.182). Esse assunto de cultivo de peixes introduzidos, nos leva a contar a experiência do biólogo, enquanto educador ambiental: Há uns 3 anos, numa pequena cidade do interior de Santa Catarina, a prática de cultivar peixes exóticos estava em alta, na ocasião visitou alguns agricultores que tinham cultivos consorciados – suínos e peixes. Além de pequenos tanques de tilápias e carpas, tinha uns cheios do bagre africano (*Clarias*). Qualquer palavra contra esse cultivo, era motivo de ironias, incompetência e contra o “ganha pão” de pequenos agricultores. Passados alguns meses daquela visita, choveu muito por várias semanas em toda a região, a maioria das lagoas próximas de pequenos córregos e ribeirões transbordaram e seus “preciosos carnívoros – os bagres africanos, atravessaram fronteiras pelos rios abaixo”. No ano seguinte, os “mosquitos borrachudos” da família Simuliidae, tornaram abundantes em todos os lugares. Embora não existam dados que comprovem tal problema ambiental, algumas suposições tornam-se evidentes, pois muitos daqueles agricultores começaram a lamentar-se sobre o desaparecimento de pequenos lambaris (*Astianax* sp) e outros peixes outrora comuns nos córregos de suas propriedades. Parece-nos que a vida desses cursos d’água foi afetada, assim como a vida das pessoas (que começaram a se preocupar com as picadas (da fêmea) dos mosquitos borrachudos.

Muitas vezes, o único conhecimento que as pessoas têm dos peixes de rios e lagoas é baseado na nomenclatura popular. Assim, o que um é “curimba”, para outros pode ser grumatã, papa-terra, corumbatã, corimbatã, curiman etc. São vários os sinônimos de cada espécie e estes variam de uma região para outra. Porém, cientificamente esse peixe pertence ao gênero *Prochilodus* e sua correta identificação requer no mínimo noções básicas de sistemática de peixes. Essas noções devem levar em consideração os caracteres qualitativos, merísticos e morfométricos. Longe de ser um sistemata de peixes, o viajante guia, pesquisou fontes importantes e descobriu as principais espécies de peixes da planície. Sua descrição contempla a beleza estética⁶⁹ (formas e coloração externa do corpo) de alguns peixes e o local de ocorrência dos mesmos.

No canal principal do alto rio Paraná, entre as espécies mais características estão as raias “recém-chegadas” do médio rio Paraná, do gênero *Potamotrygon*, as únicas que frequentam águas doces. Também conhecidas como “arraias”, distingue-se três espécies diferentes (da mesma família) ao apresentarem nadadeiras peitorais grandes semelhantes as asas e a cauda delgada. Junto às raias, estão os peixes, canivete *Parodon tortuosus*; jáú *Pauliceia luetkeni*, que é um bage de grande porte, podendo medir até 1,5 metros de comprimento. Sua cor é acinzentada no dorso com grandes manchas escuras e ventre cor cinza esbranquiçado; jurupoca *Hemisorubim platyrhynchos*, um bage de tamanho médio que possui a carne mais apreciada do que a dos outros bagres; piapara *Leporinus elongatus* e a piava *Schizodon altoparanae*, que

⁶⁹ Apreciar a beleza estética dos peixes... Onde? Nas ilustrações de Oscar A. Shibatta (Peixes da bacia do rio Tibagi) e em Godoy, P. M. (1986).

possuem três manchas elípticas escuras, no sentido centro-horizontal de seu corpo, partindo da nadadeira dorsal para caudal (Agostinho *et al.*, 1997; 1999).

O rio Ivinheima, além de apresentar o maior de espécies (91) possui áreas de desovas de peixes migratórios da bacia. As espécies mais abundantes são: o pacu *Piaractus mesopotamicus* e o armado ou armao *Rhinodoras d'orbigny*, este último, apresenta coloração um pouco cinza-amarelado, de pele nua, tornando possível a visualização de placas ósseas laterais espinhosas ao longo do corpo, considerado de médio porte. O rio Iguatemi, em seu curso meândrico, apresenta cerca de (71) espécies de peixes. Os mais abundantes são: o armado *Pterodoras granulosos* e o cangati *Parauchenipterus galeatus*. O rio Piquiri, com grande declividade e turbulência da água apresenta o menor número de espécies (57) em relação aos outros rios citados. Com isso, alguns peixes, amplamente distribuídos na bacia, estão ausentes nesse ambiente. As espécies mais abundantes aí são o piau *Leporinus amblyrhynchus* e o *Steindachneridion* (Agostinho *et al.*, 1997; 1999).

Nas lagoas e canais da planície alagável encontra-se maior número de espécies de peixes devido a variedade de habitats que lhes oferecem abrigo e alimento. Nas lagoas, os peixes mais capturados são aqueles de pequeno porte, como o cascudo-chinelo *Loricarichtys platymetopon* que apresenta o corpo revestido por grandes placas ósseas parecidas, o caboja *Hoplosternum littorale*, a traíra *Hoplias malabaricus* que possui corpo de cor marrom claro e nadadeiras com listras verticais mais escuras, o corró *Leporinus lacustris* e jovens curimba *Prochilodus lineatus*, um peixe com várias listras longitudinais escuras muito parecidas com uma “costura de zig-zag” no corpo todo. Jovens de outras espécies também

são freqüentemente capturados, entre eles: o pintado *Pseudoplatystoma corruscans* um belo peixe, cuja cor de pele lembra uma onça-pintada e tem uma silhueta alongada em forma de faca, podendo atingir 1,20 metros de comprimento, nadadeiras pequenas e com pintas escuras; o jurupoca, a piava e o piavuçu *Leporinus obtusidens* (Agostinho et al., 1997; 1999).

A introdução da curvina *Plagioscion squamosissimus* e o do bagre africano *Clarias gariepinus* na planície do alto do rio Paraná, tem preocupado os pesquisadores, com relação à biodiversidade da ictiofauna da bacia. Resultados do monitoramento da pesca indicam que a primeira espécie vem causando prejuízos econômicos nesta atividade, além dos impactos ecológicos não dimensionados, porém esperados, devido ao seu hábito piscívoro, aquele que come peixe (Agostinho, 1997, p. 456).

Compartilhando as preocupações dos pesquisadores o biólogo viajante está convencido de que entendemos e conhecemos muito pouco da natureza. Mais uma vez, ele faz um recorte, de peixe a seres humanos, parecendo haver uma grande distância entre esses animais. Lembrando uma antiga canção de Dorival Caymi, tenta reatar essas relações, pelo menos na música.

Vamos chamar o vento
O vento que leva a vela
Vela que leva o barco
Barco que leva gente
Gente que leva o peixe
Peixe que dá dinheiro
É curiman ...

Neste território de rio-planície de inundação, há um

espaço cultural. Para sermos verdadeiros, esse ambiente foi e ainda é um espaço entre a biogênese e cultura, do processo evolutivo do rio e seus seres vivos e da cultura humana.

Nele também encontramos os homens e mulheres ribeirinhos. Leiamos Silveira (1999) para refletirmos essa interação:

A metáfora do rio para representar a verdade última da realidade vem como se sabe, de uma muito antiga tradição: Heráclito, ao menos, ocorre-nos à lembrança quando ao afirmar ser a realidade puro trânsito, recorre à figura e à constatação de que não é possível lavar-se duas vezes nas mesmas águas de um rio. À fugacidade do real parece contrapor-se a memória. Volta-se deste modo à comparação com o rio quando a fim de livrar as relações futuras do aguilhão do passado, declara-se que os acontecimentos desagradáveis são águas passadas e que estas não movem moinhos.

Pela metáfora, comparam-se duas realidades mutuamente independentes e descobre-se que há propriedades comuns a ambas. Abre-se deste modo a possibilidade de se refletir sobre aquelas propriedades, explicitando-se para uma das realidades o que se sabe da outra. A rica experiência que as populações tem dos rios com os quais convivem, deste modo é transferida para a esfera abstrata do pensamento, das relações humanas e da realidade considerados enquanto tais.

Todavia, na planície estudada e visitada, a experiência dos ribeirinhos e seus rios ou lhes é expropriada⁷⁰ (sem direitos autorais) ou ignorada, ou seja, conhecimentos e habilidades dessas populações são perdidas por força da política tecnológica.

⁷⁰ Teresa Cristina desenvolve, desde o início de 2000, sua dissertação de mestrado na USP- São Paulo, sob orientação do Prof. Carlos Diegues, o trabalho trata da expropriação dos saberes das populações tradicionais ribeirinhas.

Alvarado (1994, p. 76) fala desse processo que tem ocorrido há muitos séculos em nossa cultura ocidental e que leva à *violência contra nós mesmos, à violência no seio familiar, à violência nas inter-relações sociais, à violência na dinâmica das instituições que propicia a desintegração psíquica...*

É o processo de consolidação da modernidade que apesar de ter desenvolvido *um vigoroso crescimento da cultura objetiva (ciência, tecnologia, infra-estrutura urbana, estradas, bibliotecas, transporte etc*, também produziu uma deterioração da cultura subjetiva – do amor, da amizade, da estética, da comunicação lúcida, da comunidade.

Tommasino (1985) em seu trabalho “Fugindo do sistema: começo e fim dos ilhéus do rio Paraná”, já descreve na década de 80, um contexto cultural de incomunicabilidade, agressividade e destruição, daquilo que Alvarado (1994) chamou de cultura subjetiva em que se sacrificou a comunidade, a estabilidade psíquica, a amizade, o modo de vida dos ilhéus. Tommasino conta-nos que em 1979 quando, em sua segunda visita, à ilha Grande, entrevistou 90 famílias, estas desconheciam o que lhes aconteceria com suas vidas após as barragens.

...de novembro de 1976 a março/abril de 1977, houve uma grande enchente na região, atingindo todo o arquipélago das Sete Quedas. [...] a enchente que teve início em novembro/76 foi apenas a primeira de várias que se seguiram todos os anos. Variaram de intensidade, mas sempre provocando perdas na lavoura e, por mais três vezes, obrigando a população, (ou parte dela), a se refugiar no continente. Até 1979, quando os dados da pesquisa (como inicialmente se planejava) foram colhidos, não sabíamos, nem tampouco os ilhéus, que as enchentes passariam a ocorrer todos os anos, como resultado das barragens da bacia do rio Paraná construídas nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Portanto,

o dilúvio anual coloca-se como elemento novo (**sic**) na realidade dos ilhéus de toda a área compreendida entre as barragens de Ilha Solteira, no Estado de São Paulo, até Itaipu, no Estado do Paraná (Tomassino, 1985, p. 18-19).

Em 1978 houve nova enchente, mas não foi necessário abrigar-se no continente. Em 1979 a enchente foi violenta e um ilhéu pereceu afogado. Quase todas as famílias se retiraram segundo um dos relatos, apenas o chefe da família permaneceu tomando conta da casa e da roça. Antes da família sair, todos (pai, mãe, filhos e vizinhos) colheram arroz “dentro d’água”, dia e noite para não perderem a colheita. Enfrentaram a invasão de mosquitos, cobras e aranhas que também tentavam salvar-se da inundaçãõ. Esses informantes disseram que algumas famílias tinham ido para o Mato Grosso (**sic**) e Rondônia, desgostosas e apavoradas pelas enchentes (Tomassino, 1985, p. 177).

A enchente de 1982 foi a pior registrada e começou em novembro, adentrou 1983 e até julho/agosto/83 ainda havia famílias acampadas no Porto Figueira (Tomassino, 1985, p. 178).

[...] desde 77, quando da primeira pesquisa, até 83, quando da última, a Ilha Grande, de paraíso de fartura, liberdade, sossego, saúde, paz e tranquilidade, foi se transformando em um inferno de destruição, de doença, miséria, fome, medo e morte que vieram junto com o dilúvio. **Antes mesmo da chegada das máquinas e operários que vão construir a barragem de Ilha Grande**, as inundações transformaram-se em agentes expropriadores não só da sua produção e de suas benfeitorias mas das posses do ilhéus. **Mas, ainda aqui, é o continente que se apropria da Ilha e não a natureza, como parece ser.**⁷¹ (grifo nosso)

⁷¹ Segundo Tomassino, em 1980 foi divulgado na imprensa a intenção da Eletrosul construir mais uma barragem $\frac{3}{4}$ a da usina hidrelétrica de Ilha Grande. Felizmente, alguns anos depois, os estudos científicos e a mobilização de várias instituições e entidades locais e regionais conseguiram impedir a execução do projeto de ilha Grande, o qual,

Tomassino (1985, p. 185-6) relatou fatos em que a prefeitura e técnicos da CESP procuravam explicações para as origens das enchentes anuais, mas suas respostas não foram convincentes, vejamos:

...na medida em que os técnicos apresentaram explicações de como as comportas das suas usinas, localizadas nos Estados de São Paulo e Minas, são abertas dentro da seguinte racionalidade: seguram as águas durante o período em que as chuvas nas cabeceiras são abundantes e apenas quando o nível atinge um ponto considerado crítico abrem-se aumentando a vazão. Com isso, segundo esses técnicos, controlam as águas e soltam quando as chuvas já diminuíram ou desapareceram. [...] A intervenção na natureza, represando o rio Paraná e seus afluentes e provocando mudanças fundamentais na dinâmica natural da bacia do Paraná, parece ser o miolo da questão. O que não se pode negar é a mudança radical havida no movimento das águas: antes não havia enchentes tão violentas e nunca atingiram os níveis atuais (sic). As enchentes naturais, presentes vez ou outra, eram benéficas e traziam vantagens aos produtores das regiões ribeirinhas: reconstituíam o solo e nunca destruíram suas casas e plantações. A violência das enchentes atuais, no nosso entender, é uma metáfora da violência da sociedade moderna.

É óbvio que, naquela época, quando não existiam estudos climatológicos na região capazes de se compreender que as intensas chuvas que causavam as enchentes já estavam inseridas em um contexto de alterações climatológicas locais

atingiria as populações ribeirinhas do arquipélago e das regiões localizadas no Paraná e Mato Grosso do Sul. Em 1994 foi criado o Parque Nacional de Ilha Grande e áreas adjacentes visando a preservação dos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. A usina hidrelétrica de Ilha Grande não saiu do papel, mas a de Porto Primavera foi implantada.

e globais, cujas anomalias de precipitação na região sul do Brasil estão ligados a fenômenos externos específicos, principalmente da circulação atmosférica.

Seria ingênuo sugerir que toda a culpa das enchentes estivesse nas barragens. Como disse Sagan (1998) “tudo sugere que não é hora de apontar o culpado”. Estudos climatológicos de Nery *et. al.* (1995 e 1997) apontam algumas anomalias da precipitação do Paraná e sua relação com o fenômeno El Niño, apresentando em especial os valores médios e extremos das precipitações mensais e anuais relacionando-os com a ocorrência de anomalias de precipitação no Estado do Paraná. É importante lembrar que as precipitações (chuvas) torrenciais ocorridas na região do rio Paraná em 1982-3, também provocaram enchentes no rio Itajaí-SC, principalmente no município de Blumenau, ocorrendo de março a setembro/83 e em agosto/84.⁷²

Estudos da década de 90⁷³, reforçam o que Tomassino falou acerca da expropriação dos ribeirinhos do rio Paraná, afirmando que as enchentes de 1982/83, os barramentos e a ocupação de terras por grandes fazendeiros provocaram uma mudança na vida dos pobres habitantes das aglomerações e núcleos das ilhas (FUEM/PADCT-CIAMB, 1995). Embora, os

⁷² Fonte de dados: Enchentes em Blumenau - IPA/FURB e Anos de El Niño/ La Ninã/ NCEP/NOAA (s.d.) – material utilizado na disciplina de Climatologia - UEM. Para saber mais sobre as enchentes de 1993 no Paraná, ver artigo do professor Roberto Fendrich, da Universidade Federal do Paraná. (FENDRICH, Roberto. Enchentes na primavera de 1993 na bacia hidrográfica do alto rio Iguaçu. *A Água em Revista*, Belo Horizonte, v. 4, n.7, p. 4-8, 1996.)

⁷³ Baseados nos estudos do Nupelia (Agostinho *et al.*, 1999), podemos dizer que nos anos de 1986-87, foram considerados períodos sem enchentes ou inundação, enquanto que nos anos de 87-88, 92-93 e 93-94 foram registrados cheias pronunciadas e moderadas.

impactos sociais e culturais das populações ribeirinhas ou ilhéus, ainda estejam sendo estudados há um “consenso” de que a regulação da descarga de água pelas usinas hidrelétricas parece não estar afetando muito a diversidade biótica regional dos ecossistemas da planície de inundação do alto rio Paraná.

Notícias recentes, no entanto, nos indicam que as populações ribeirinhas e todo seu legado cultural continuam sendo destruídas pelas barragens. Segundo a Coalizão Rios Vivos apud Belmonte (2000) no Informativo Eletrônico Pró-Guaíba 10 – Dia Mundial das Águas, *ambientalistas e setores organizados da Argentina e do Paraguai estão protestando contra o aumento da cota, de 76 metros para 83 metros, do nível da água do lago formado a partir da construção da hidrelétrica de Yacretá, localizada no rio Paraná, na fronteira norte entre os dois países*. Esse aumento na cota ocasionará o deslocamento de mais de 20 mil pessoas que moram atualmente na região do lago da usina, somando-se um total de 50 mil pessoas, pois 30 mil já foram removidas desde o início da construção da hidrelétrica no início desta década.

Outro fato interessante, foi noticiado no Jornal Zero Hora (2/04/2000): “Santa Catarina – missa marca despedida de Itá”. Parece tratar-se de uma banalidade, mas essa celebração representa a despedida de 10 mil habitantes de Itá da antiga cidade que está sendo coberta pelas águas do lago da Usina Hidrelétrica Itá construída no rio Uruguai (divisa SC e RS). Essa usina é considerada a maior obra em construção na América Latina e deve começar a gerar energia a partir de junho. Outra cidade foi “reconstruída” próximo dali. E tudo continua como se nada tivesse acontecido, afinal já foi “abençoada por Deus”. Todos serão felizes para sempre!

De qualquer modo, não são apenas as populações ribeirinhas que se tornaram “expropriadas”, “excluídas” ou “descartáveis” frente às inúmeras faces das políticas

econômicas nacionais e internacionais. As idéias de Alvarado (1994, p. 79) com certeza nos levam a todos – viajantes, estudiosos e outros a realizar um exercício de compreensão e reflexões acerca do papel da tecnologia, da dinâmica da flora e fauna e de nossos modos de vida. Diz o autor:

A confluência dinâmica de todos estes elementos bio-psico-sociais impedem a consolidação de uma consciência e uma ética ecológica que tenham perspectivas de incidir de forma estável e permanente sobre a vida social. Enquanto a subjetividade do sujeito/indivíduo moderno permanecer separada do pensar, sentir e atuar, desconhecida de si mesma, com uma percepção da realidade fragmentaria e com uma escala de valores tão estreitas, não poderá desenhar e executar estratégias globais eficazes em nível planetário para preservar e desenvolver uma relação harmoniosa do homem com a natureza.



CONCLUSÕES

O que pensa nosso viajante e o que pensamos acerca dos sólidos 13 anos de pesquisas do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – Nupelia nessa imensa planície do rio Paraná?

Retomando Alvarado, podemos dizer que aliados à ciência precisamos olhar os estudos e lembrar do *Conhece-te a ti mesmo* de Sócrates. Este não é um simples postulado e, sim enfatiza uma experiência existencial e uma vivência interior. Queremos dizer que conhecendo, ainda que não totalmente o recorte da planície, os estudos e as formas de vida nela existentes, nos conduz a enfrentar muitos desafios e problemas.

- A separação entre educação científica e educação ambiental, educação científica e tecnologia, mente e corpo, natureza e espírito;
- Será que quanto mais buscamos tecnologias mais nos afastamos do homem e de sua herança?
- Será que a vida cotidiana, suas identidades individuais e coletivas estão sofrendo um processo de soterramento frente às mudanças políticas tecnológicas?
- Será que as intensas relações entre as redes de plantas e animais não terão desaparecido antes mesmo de conhecê-las?
- Será que o conhecimento científico que se constrói através de disciplinas individualizadas oferecem apenas conhecimentos parciais sobre sua área particular?

- Será que a educação ambiental não traz a mesma experiência fragmentada do que as outras áreas da ciência e o agravante de seguir o receituário da cultura escolar?
- Será que não estamos em um contexto cultural de incomunicabilidade, agressividade e compatível com as idéias absolutas, assim como estão os religiosos, políticos, economistas, ambientalistas etc, porque os cientistas, educadores ambientais, também restringem seu pensamento, suas tendências, seus conflitos?
- Em uma visão integradora, a que necessidades responde a educação ambiental como educação científica?
- Quais os desafios para se pensar uma educação ambiental que não seja um ativismo com um fim em si mesmo, que não seja uma mera prática escolar sem significado?

Acreditamos que o nosso viajante enfocou um ambiente complexo e experimentou uma reflexão que traz à luz algumas investigações biológicas e ecológicas como também algumas contradições inerentes a um processo de pesquisa “inter ou multidisciplinar”. Nesse recorte ressaltado, várias questões nos saltam aos olhos. São elas:

- A definição de impacto: como apresentamos neste trabalho, para nós, impacto ambiental de grande porte e irreversível foi a própria construção das 120 barragens (e suas usinas hidrelétricas) que representou uma grande intervenção na dinâmica do mundo natural, na dinâmica do rio e na dinâmica das culturas ribeirinhas.
- Muitas espécies ainda não foram estudadas, podendo-se ter perdido parte de importantes elos de ligação e das relações dessa imensa rede da natureza.
- Dos impactos apontados, como *os provocados por desmatamentos da vegetação florestal e ciliar, drenagem de várzeas e sua incorporação ao sistema de produção*

agrícola ou pecuário, criação do gado e conseqüente pisoteio e queimadas, atividades extrativistas (como a extração da batata-do-mato ou ginseng-brasileiro Pfaffia irsinoides), a destruição das áreas de desovas e criadouros naturais de diversas espécies de peixes, a introdução de peixes de outras bacias, as conhecidas espécies “exóticas”, a extração de areia do rio entre outras que, para nós, podem ser considerados de “pequeno impacto”, mas se acrescidos aos impactos de grande porte⁷⁴, não podemos reduzir os efeitos das barragens aos efeitos das atividades humanas que existiam nas décadas anteriores. Nesses locais, até mesmo a história da pesca das populações foi interrompida.

⁷⁴ Porque consideramos “impactos de grande porte”? Juchem (1992, p. 43-44) apresenta uma listagem dos “impactos ambientais previstos” pelo setor energético quando da construção de usinas hidrelétricas, entre eles destacamos: *a possibilidade de alteração do clima; sismicidade induzida; instabilidade dos taludes marginais; elevação do nível freático nas áreas marginais do reservatório; mudanças na paisagem regional; desaparecimento de extensas áreas de terras; degradação de solos para a construção da barragem; mudança na capacidade de usos das terras; intensificação dos processos erosivos, com o decorrente assoreamento do reservatório e contaminação e eutrofização das águas; proliferação de plantas aquáticas; erosão de margens a jusante da barragem; redução do valor fertilizante da água efluente, desaparecimento de áreas florestais e de outras formações vegetais; decomposição da biomassa submersa; criação de impedimentos à navegação, à pesca e às atividades de lazer; redução da fauna terrestre e alada; deslocamento de animais durante o enchimento do reservatório; interrupção da migração de peixes; alterações na composição da ictiofauna; mortalidade de peixes a jusante da barragem; prejuízos a outros animais aquáticos; transferência compulsória da população afetada (indígenas e/ou outras culturas; rural e urbana); aumento da taxa de desemprego; problemas habitacionais durante a fase de construção das obras; desagregação das relações sociais; desarticulação dos elementos culturais; surgimento de situações de apreensão e insegurança, em face da incerteza das futuras condições de vida; inundação de áreas urbanas, desorganização das atividades agrícolas e pesqueiras; aumento da taxa de desemprego rural e urbana; surgimento*

Por outro lado, a pergunta: Como é possível uma educação ambiental como educação ambiental, pode ser traduzida por: Como podemos ensinar e prever o imprevisível?

O nosso viajante “percorreu trilhas e milhas” de pesquisas, buscando respostas de como é a vida na planície, perguntando: A vida é simples ou complexa? O que o “pulso de inundação” tem a ver com a abundância ou a escassez de algas, peixes, macrófitas e os pescadores? O “pulso” pode acabar? Assim como foi necessária a duplicação de Tucuruí (PA)⁷⁵, Itaipu também está sujeita à duplicação? Depois da usina de Itaipu, que tipo de energia moverá “o desenvolvimento de países como o Brasil, Argentina e Paraguai”? Quando os verdadeiros impactos ambientais começarão a ser “dimensionados”? ...

Como vemos, o biólogo viajante tentou conhecer um pouco da natureza da planície e reconhecer um pouco do “mundo” já conhecido pelos cientistas. Tentou trilhar novos caminhos como um “andarilho de fronteiras”, nas palavras de Edgar Morin.

Nessa nova visão de “andarilho de fronteiras”, as investigações das diferentes ciências mostram que a vida é intensa nesse recorte de 13 anos, que essas pesquisas podem estabelecer vários contextos e construirmos significados para explicar estas relações naturais. De fato, o pouco ou muito

de focos de moléstias diversas; disseminação de moléstias endêmicas da região; importação e disseminação de novas doenças; desaparecimento de prédios e sítios com valor cultural e histórico e desaparecimento de sítios com valor arqueológico e paisagístico. Se temos todos esses impactos previstos, quais são os imprevistos? Apesar do que isso representa em termos de energia elétrica para promover o progresso de alguns países como o Brasil, não nos cabe avaliar neste momento.

⁷⁵ Folha de São Paulo (9/4/2000) – Caderno 3, p. 2 Duplicação da usina vai alargar mais 20 km² no Pará.

que se tem de uma área ou outra, nos reconecta com a realidade estudada e, nesse sentido, essa realidade deve nos proporcionar e fazer capazes de formular perguntas e discutir várias maneiras de buscar respostas, tais como, a educação ambiental como educação científica, estética, ou seja, da consciência da ignorância trazer o princípio de uma sabedoria a respeito de um local que nos sensibiliza (assim como todo o mundo) e que nós, homens, estamos atentos.

As pesquisas dão a chance de revalorizar a prática de educação ambiental, reconhecendo processos evolutivos, de vida, constituição de habitat, reprodução e sobrevivência de todos os seres vivos dentro de uma idéia de sistema ou de ecologia de redes, como disse Bernard Patten.

As pesquisas dão a chance de pensar e assumir uma educação ambiental capaz de construir e resgatar valores como a da responsabilidade em discutir a ciência e a verdade, a economia e o bem-estar, a arte e o belo, assim como confrontar valores que estão atrás da tomada de postura dos políticos, economistas, ou seja, a se situar em campo e se posicionar diante do mundo.

Não esgotamos e/ou apresentamos todas as possibilidades de uma educação ambiental como educação científica, tampouco aprofundamos todas as áreas de pesquisas do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – Nupelia.

Entre as diferentes dimensões que preconizamos no decorrer deste trabalho, a dimensão qualitativa dos estudos ecológicos recebeu maior ênfase nos relatos do biólogo viajante. Por outro lado, a dimensão quantitativa desses estudos estão presentes nos levantamentos estatísticos, nos modelos matemáticos e preditivos baseados em padrões de sazonalidade marcados pelo “regime de cheias”, ou seja, do

“pulso de inundação”, visando o manejo dos recursos aquáticos e a preservação dos remanescentes de várzeas existentes no único trecho livre do rio Paraná em território brasileiro.

Lembremos Morin (1997b, p. 187) quando traz Antonio Machado:

**Foi o caminho, não que eu tracei para mim,
mas que minha caminhada traçou:
Caminante no hay camino, camino se hace el andar.**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, N. *Dicionário de filosofia*. 2. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1982.

ACOT, A. *História da ecologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

AGOSTINHO, A. A. Qualidade dos habitats e perspectivas para a conservação. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p.454-460.

AGOSTINHO, A.A. et al. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p.179-208.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S.M.; MINTE-VERA, C.; WINEMILLER, K. Biodiversity of the high Paraná River floodplain. In: GOPAL, B. (Ed.). *Wetlands biodiversity*. New Delhi: School of Environmental Sciences Jawaharlal Nehru University, 1999. (in press).

AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A.E.A.M.; THOMAZ, S.M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, Brazilian Limnological Society. 1995.

AGOSTINHO, A.A.; JULIO Jr. H. F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. *Ciência Hoje*, v. 21, n.124, p. 36-44, 1996.

AGOSTINHO, A.A.; ZALEWSKI, M. *A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação*. Maringá: EDUEM, 1996.

ALMEIDA, J. P. de. *Errante no campo da razão: o inédito na história: contribuição para um estudo de história e ecologia*. Londrina: Ed.UEL, 1996.

ALPHANDÉRY, P.; BITOUN, P.; DUPONT, Y. *O equívoco ecológico: riscos políticos da inconseqüência*. São Paulo: Brasiliense, 1992.

ALVARADO, F. L. Modernidade, autoconocimiento y ambiente. *Revista Praxis, Costa Rica*, n.47/48, p.69-79, 1994.

ATLAN, H.; BOUSQUET, C. *Cuestiones vitales: entre el saber y la opinión*. Barcelona: Tusquets, 1997.

ATLAS VISUAIS. *A Terra*. São Paulo: Ática, 1995.

BACHELARD, G. *A água e os Sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria*. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

BARRETO, M.P. Educação, desenvolvimento e meio ambiente. *Caderno Cedes, Campinas*, v.29, 1993.

BECCARI, Á. O Fascínio de Águas Emendadas. *Galileu*, v.9, n.103, p. 46-51, fev. 2000.

BELLINI, L. M. *Afetividade e cognição: conceito de auto-regulação como mediador da atividade humana em Reich e Piaget*. 1993. Tese (Doutorado em Psicologia Social) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

_____. *Epistemologia da biologia e iniciação à ciência*. Maringá, 1999. (no prelo)

BELLINI, L. M.; RUIZ, A. R. Comunidades de conhecimento e comunidades de rendimento: pensando a avaliação do rendimento escolar. *Estudos em avaliação educacional - Fundação Carlos Chagas*, São Paulo, n.20, p.79-94, 1999.

BELMONTE, R. V. *Informativo Pró-Guaíba 10. Dia Mundial das Águas, 2000* [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por

<proguaiba-press@pro.via-rs.com.br> em dia mês 2000.

BELTON, W. *Aves silvestres do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1982.

BIZZO, N. Falhas no ensino de ciências. *Ciência Hoje*, v.27, n.159, p.26-31, abr. 2000.

BOLLING, D. M. *How to save a river: a handbook for citizen action*. Washington, D.C.: Island Press, 1994.

BORTOLOZZI, A. *Educação ambiental e o ensino de geografia: bacias do rios Piracicaba, Capivari e Jundiá*. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 1997.

BOWERS, C. A. *Education, cultural myths and the ecological crisis: towards deep changes*. Albany: State University of New York Press, 1993.

BRIGGS, J.; PEAT, D. *A sabedoria do caos: sete lições que vão mudar a sua vida*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

BRÜGGER, P. *Educação ou adestramento ambiental?* Florianópolis: Letras Contemporâneas, 1994.

BUENO, F. da S. *Vocabulário Tupi-guarani/Português*. 6. ed. rev. aum. São Paulo: Éfeta, 1998.

CADAVID GARCIA, E. A. *Plano diretor de bacia hidrográfica: aspectos conceituais*. Brasília: SHR/IICA, 1997.

CALDWELL, L. K. *Between two worlds: science, the environmental movement, and policy choice*. Nova York: Cambridge University Press, 1990.

CAMPOS, J. B.; SOUZA, M. C. de. Vegetação. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 331-342.

CAMPOS, J. B. (Org.). *Parque Nacional de Ilha Grande: re-conquista e desafios*. Maringá: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, 1999.

CAMPOS, M. D'Olne. Fazer o tempo e o fazer do tempo: ritmos em concorrência entre o ser humano e a natureza. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.5 n.8, p.7-33, jan./jun. 1994.

CANGUILHEM, G. *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*. [S. l.]: Edições 70, 1977.

CAPRA, F. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1996.

CARVALHO, I. C. As transformações na cultura e o debate ecológico: desafios políticos para a educação ambiental. In: PÁDUA, S. M.; TABANEZ, M. F. (Org.). *Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil*. Brasília: IPE, 1997. p.271-280.

CAVALCANTI, C. (Org.). *Desenvolvimento e natureza: estudo para um sociedade sustentável*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

CHASSOT, A. I. Por que... O que... como... ensinar Química. *LOGOS*. ULBRA, Canoas, n.1/1, p. 4-15, 1992.

CHOMSKY, N. *Segredos, mentiras e democracia*. Brasília: UnB, 1997.

CHOMSKY e a mídia: o consenso fabricado. Produtores: Marck Achbar e Peter Wintomick. [S.l.]: Necessary Illusions Production Inc, 1992. 1 fita de vídeo (120min), VHS, son., color.

CITATI, P. *Goethe*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMITESINOS – 10 anos – Um divisor na política das águas no RS. São Leopoldo, 1998.

COMITESINOS – Um esforço comum para salvar o rio dos Sinos. São Leopoldo: Editorial Sinos – boletim informativo, 1988.

CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA. Reserva da biosfera da mata atlântica. Campinas: UNICAMP, jun. 1992.

- CORSON, W. H. (Ed.). *Manual global de ecologia*. São Paulo: Augustus, 1993.
- DARWIN, C. R. *Viagem de um naturalista ao redor do mundo*. Rio de Janeiro: SEDEGRA, [19--]. v. 1.
- DEAN, W. *A Ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DIAS, G. F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. 2. ed. São Paulo: Gaia, 1993.
- DIEGUES, A. C. *Ilhas e mares: simbolismo e imaginário*. São Paulo: Hucitec, 1998.
- DORST, Jean. *Antes que a natureza morra: por uma ecologia política*. São Paulo: Blücher/Edusp, 1973.
- DUPLICAÇÃO de usina vai alagar mais 20 km² no Pará. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 9 abr. 2000. Caderno Cotidiano, p.2.
- ECOLOGIA: Uns Blefam, outros silenciam. *Superinteressante*, v.14, n.2, p.60-63, fev. 2000.
- EHRlich, P. R. A world of wounds: ecologists and the human dilemma. In: EXCELLENCE in Ecology. Germany: Ecology Institute, 1997.
- EMBRAPA. *Atlas do Meio Ambiente do Brasil*. Brasília: Terra Viva, 1994. 130p.
- ESTEVES, F. de A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- _____. [Ecologia de Ambientes Aquáticos]. Maringá, 1999. Palestra apresentado no I Encontro de Pós-Graduandos de Ecologia de Ambientes Aquáticos. Maringá – PR.
- ESTRADAS e desmatamento na Amazônia. O governo responde. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 26 fev. 2000. Opinião, p. 3.
- FARIA, A. P; MARQUES, J. S. O desaparecimento de pequenos rios brasileiros. *Ciência Hoje*, v. 25, n. 146, p. 56-61, jan./fev. 1999.

FEARNSIDE, P. M. *A hidrelétrica de Balbina: o faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia*. São Paulo: Instituto de Antropologia e Meio Ambiente, 1990.

FENCHEL, T. *Ecology – potencial and limitations*. In: EXCELLENCE in Ecology. Germany: Ecology Institute, 1997.

FENDRICH, R. Enchentes na primavera de 1993 na bacia hidrográfica do alto rio Iguaçu. *A água em revista – CPRM, Belo Horizonte*, v.5, n.7, p.4-8, maio 1996.

FLICKINGER, Hans-Georg. O ambiente epistemológico da Educação Ambiental. *Educação & Realidade, Porto Alegre*, v.19, n.2, p.197-207, jul./dez. 1994.

FRANCO, A. M. *Recordações de viagens ao alto Paraná*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1973.

FRANK, B. Estratégias para viabilizar o gerenciamento ambiental da bacia do Itajaí. *Revista de Negócios*. v.1, n. 2, p. 35-45, jan./mar., 1996.

FUEM/PADCT-CIAMB. *Estudos ambientais da planície de inundação do rio Paraná no trecho compreendido entre a foz do rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu*. Maringá: FUEM, 1995. 3v. (Relatório final do Projeto).

GODOY, M.P. de. *Peixes e pesca do Rio Paraná: área do futuro reservatório de Ilha Grande*. Florianópolis: ELETROSUL, 1986.

GOETHE, J. W. von. *Arte e ciência*. Trad. M. V. Greuel. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. (mimeogr.).

_____. *A metamorfose das plantas*. Trad. introd., notas e apêndices Maria Filomena Molder. [Brasília]: Imprensa Nacional Casa da Moeda, [19--].

_____. *Doutrina da cores*. Apres., sel., trad. M. Gianotti. São Paulo: Nova Alexandria, 1993.

GOLLEY, F. B. Foreword: general understanding and role of ecology in education. In: HALE, Monica (Ed.). *Ecology in education*. [Cambridge]: Cambridge University Press, 1995.

GÖÖCK, R. *Maravilhas do Mundo: prodígios da natureza e realizações do homem, desde as cataratas do Niágara até as bases espaciais*. São Paulo, abr. 1975.

GOVERNO de RS multa estatal em R\$ 500 mil por vazamento. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 14 mar. 2000. Caderno Cotidiano, p. 1.

GRÜN, M. *Ética e educação ambiental: a conexão necessária*. Campinas: Papirus, 1996.

_____. Uma discussão sobre valores éticos em educação ambiental. *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v.19, n.2, p. 171-95, jul./dez. 1994.

GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. 7 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

GUIMARÃES, M. *A dimensão ambiental na educação*. Campinas, SP: Papirus, 1995.

HAYNES, F. Aesthetic education. In: ENCICLOPÉDIA de Filosofia da Educação – Novos verbetes, 1999. Disponível em: <<http://www.educação.pro.br/aestheticport.hpm>>.

HILLMANN, J.; VENTURA, M. *Cem anos de psicoterapia – e o mundo está cada vez pior*. São Paulo: Summus, 1995.

HUNTLEY, H. E. *A divina proporção*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1985.

IBGE. *Manual Técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro, 1992. (Série manuais técnicos em Geociência).

JIMÉNEZ, J. *Tecnología y destrucción ecosocial en América Latina*. In: LA OPORTUNIDADE casi perdida. [S.l.: s.n., 19--]. p. 99-110.

JUNCHEM, P. A. Técnicas para avaliação de impacto ambiental e elaboração de estudos de impacto ambiental de empreendimentos selecionados – projetos de aproveitamento hidrelétrico. In: MAIA, 1992-PIAB. p. 1-65 (7010).

JUNK, W. J. Ecology of floodplains: a challenge for tropical limnology. *Perspectives in tropical Limnology*. [S.l.: s.n.], 1996. p. 253-65.

KAYZER, W. *Maravilhosa obra do acaso: para tentar entender nosso lugar no quebra-cabeça cósmico*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1998.

KLEEREKOPER, H. *Introdução ao estudo da limnologia*. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1990.

LANNA, A L. *Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos*. Brasília: IBAMA, 1995.

LASCH, C. *A rebelião das elites e a traição da democracia*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1995.

LEIS, H. R.; D'AMATO, J. L. O ambientalismo como movimento vital: análise de suas dimensões histórica, ética e vivencial. In: CAVALCANTI, C. (Org.). *Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

LEIS, Héctor Ricardo. *Ambientalismo: um projeto realista-utópico para a política mundial*. In: MEIO ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as ciências sociais. São Paulo: Cortez, 1995.

LEONARDI, M. L. A. *A educação ambiental como um dos instrumentos de superação da insustentabilidade da sociedade atual*. In: CAVALCANTI, C. (Org.). *meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas*. São Paulo: Cortez, 1997.

LEWOWICKI, T.; SINGER, H.; MURAHOUSCHI, J. *Janus Korczak*. São Paulo: Edusp, 1998.

LLORENTE BOUSQUET, J. *La búsqueda del método natural*. México: Fondo de Cultura Econômica, 1990.

LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais*. 2 ed. São Paulo: Plantarum, 1991. Nova Odessa.

_____. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. São Paulo: Plantarum, 1992. Nova Odessa.

LOVELOCK, J. *Mother Earth: myth ou science?* In: FROM Gaia to selfish genes: selected writings in the life sciences. Massachusetts: Connie Barlow Institute of Technology, 1991.

MAIA/PIAB. *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais/MAIA*. Curitiba: SUREHMA/GTZ, 1992.

_____. *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais/MAIA*. 2. ed. Curitiba: SUREHMA/GTZ, 1993.

MARONI, A. C. G. *Jung: o poeta da alma*. 1994. 222 fls. São Paulo. Tese (Doutorado em ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1994.

MATA Atlântica: o avanço da destruição. *Revista Época*, São Paulo, 25 maio 1998. p. 48-50.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. G. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano*. São Paulo: Editorial Psy, 1995.

MAYER, M. Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las ciencias*, Roma, v.16, n. 2, p.217-231, 1998.

MAYR, E. *Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: UnB, 1998.

MAZZOTI, T. B. Representação social de “Problema Ambiental”: uma contribuição à educação ambiental. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 78, n. 188/189/190, p. 86-123, 1997.

_____. Uma crítica da “ética” ambientalista. In: CHASSOT, A. I.; OLIVEIRA, R. J. de. (Org.). *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo:Unisinos, 1998. p. 234-249.

MEDEIROS, M. G. L. de. Fazer educação ambiental: Como é isso? Relato de uma caminhada interrompida. *Revista TEIA [On Line]*, v. 1, n. 1, jan./jul. 2000. Disponível em: <<http://www.uem.br/npea/teia>>

MEMÓRIA de Sete Quedas. Concórdia: Equiplan Serviços Gráficos, 1983.

MIREZ, F. *A nova ecologia: o sentido político da ecologia na América Latina*. [S.l.: s.n., 19--].

MONOSOWSKI, El. O sertão vai virar mar: avaliação e gestão ambiental na barragem de Tucuruí, Amazônia. In: AB'SABER, A. N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (Org.). *Previsão de impactos: o estudo de Impacto Ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha*. 2 .ed. São Paulo: Edusp, 1998.

MONTEIRO JÚNIOR, F. N.; MEDEIROS, A. Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: aspectos físicos e fisiológicos. *Ciência & Educação*, v.5, n.2, p. 1-14, 1998.

MORENO, M. Temas transversais: um ensino voltado para o futuro. In: BUSQUETS, Maria Dolors (Org.). *Temas transversais em educação: bases para uma formação integral*. São Paulo: Ática, 1997.

MORIN, E.; KERN, B. A. *Terra Pátria*. Porto Alegre: Sulina, 1995.

MORIN, E. *O método 2. A vida da vida*. Lisboa: Europa-América, 1980.

_____. *O método III. O conhecimento do conhecimento*. Portugal: Publicações Europa-América, 1986.

_____. *O método I. A natureza da natureza*. 3. ed. Portugal: Publicações Europa-América, 1997a.

_____. *Meus Demônios*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997b.

_____. *Ciência com consciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MOTA, L. T. *As guerras dos índios Kaingang: a história épica dos índios Kaingang no Paraná (1769-1924)*. Maringá: EDUEM, 1994.

MOTA, M. N. J.; CAMPOS, J. B. Antecedentes históricos de proteção ambiental às ilhas e várzeas do rio Paraná. In: CAMPOS, João Batista (Org.). *Parque Nacional de Ilha Grande: re-conquista e desafios*. Maringá: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, 1999.

NERY, J. T.; VARGAS, Walter M.; MARTINS, M. de L.O. F. Climatologia da precipitação da região sul do Brasil. *Apontamentos*, Maringá, UEM, n. 33, maio 1995.

O NEUROLOGISTA Oliver Sacks conta como foi criada e aprimorada a tabela que classifica elementos químicos da natureza. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 13 jun. 1999.

NUPELIA. Disponível em: <<http://www.uem.br/~nupelia>>.

_____. Variabilidade interanual da precipitação do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p. 115-125, 1997.

OBRAS federais ameaçam florestas. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 19 mar. 2000. Caderno Opinião, p. 1, 18.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

_____. *Ecology and our endangered life-support systems*. [S.l]: Dinauer Associates. 1989.

OLIVEIRA, D. L. de. O antropocentrismo no ensino de ciências. *Espaços da Escola*. UNIJUÍ, v.1., n.4, p.8-15, abr./jun. 1984.

PARANÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. *Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná*. Curitiba, 1995.

PATTEN, B. C. Network ecology: indirect determination of the life-environment relationship in ecosystems. In: HIHASGI, M.; BURNS, T. P. *Theoretical studies of ecosystems: The Network Perspective*. New York: Cambridge University Press, 1991. p. 288-251.

PAULOS, J. A. *Analfabetismo em matemática e suas conseqüências*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

PESSOA, F. *Ficções do interlúdio/1 – Poemas completos de Alberto Caieiro*. Rio de Janeiro: J. Aguilar, 1975.

PETRÓLEO volta a oscilar e fecha em alta. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 10 mar. 2000. Caderno Dinheiro, p. 2.

PIAGET, J. *Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis: Vozes, 1973.

_____. *Introducción a la epistemología genética: el pensamiento biológico, psicológico y sociológico*. Buenos Aires: Paidós, 1978.

_____. *Tratado de lógica y conocimiento científico: epistemología de la biología*. Buenos Aires: Paidós, 1979.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. *Ciência Hoje*, v.19 n.110, p.40-50. jun. 1995.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *A solução de problemas nas ciências da natureza*. [S.l.: s.n., 19--].

PROENÇA, C. E. M. de; BITTENCOURT, P. R. L. *Manual de Piscicultura tropical*. Brasília: IBAMA, 1994.

REICHARDT, K. Relações água-solo-planta em mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. *Anais...* Coord. L. M. BARBOSA. Campinas: F. Cargill, 1989.

RIBEIRO, R. O dia em que as Sete Quedas voltaram. *Revista Terra*, v.9, n.3, p.24-7, mar. 2000.

ROBLES, J. A. R. Antropocentrismos persistentes: relendo a M. Foucault. *Revista Praxis*, Costa Rica. Universidad Nacional, n. 49, p 51.62, fev. 1995.

ROCHA, J. S. M. da. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991.

RODRIGUES, E. M.; PACHECO, C. R.R. Vítola. Utilização de corpos de águas com o superdesenvolvimento de cianobactérias (algas azuis): implicações e cuidados quando da liberação de toxina em águas de abastecimento. *SANARE*, Curitiba: Sanepar, v. 7, n.7, 1997.

ROHDE, G. M. *Simetria*. São Paulo: Hemus, 1982.

_____. Discurso econômico e questão ambiental. *LOGOS*. Universidade Luterana do Brasil, n. 1/1, p. 4-15, 1992.

_____. *A irreversível aventura do planeta Terra*. 2. ed. Porto Alegre: FEPLAM, 1994.

_____. *Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

RUIZ, A. R.; BELLINI, L. M. *Ensino e Conhecimento: elementos para uma Pedagogia da Ação*. Londrina: Ed. UEL, 1998.

SACARRÃO, G. da F. *Biologia e sociedade – I: crítica da razão dogmática*. Portugal: Publicações Europa-América, 1989.

SANCHOTENE, M.do C.C. *Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana*. 2. ed. Porto Alegre: Sagra, 1989

SACKS, O. W. *A ilhas dos daltônicos e a ilha das cicadáceas*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

_____. Enxaqueca. In: KAYZER, Wim. *Maravilhosa obra do acaso: para tentar entender nosso lugar no quebra-cabeça cósmico*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1998.

SAGAN, C. *Os dragões do Éden: especulações sobre a evolução da inteligência humana*. 5. ed. Rio de Janeiro: F. Alves, 1987.

_____. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996a.

_____. *Pálido ponto azul: o futuro do homem no espaço*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996b.

_____. *Bilhões e bilhões: reflexões sobre vida e morte na virada do milênio*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SANTA CATARINA. *Comitê da bacia do Itajaí*. Blumenau: FURB, jun., 1996. 16 p.

SANTA Catarina – missa marca despedida de Itá. *Jornal Zero Hora*, Porto Alegre, 2 abr. 2000. p. 47.

SANTA CATARINA/FATMA. *Bacia hidrográfica do rio Itapocu*. [S.l.: s.n., 19--].

SANTOS, L. G. Consumindo o futuro. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 27.02.2000. Caderno Mais, p. 5-8.

SANTOS, E. *Pássaros do Brasil (vida e costumes)*. 3. ed. Rio de Janeiro: F. Briguet, 1960. 281p.

SICK, H. *Migrações de aves na América do Sul continental*. Brasília: Ministério da Agricultura/IBDF – CEMAVE, 1983.

SILVA, Eduardo. A. R. *A lição do rio*. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <glacénir@uol.com.br> em 20 fev. 2000.

SILVA, F. *Mamíferos silvestres do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: FZB, 1984. 246p. il.

SILVEIRA, L. F. B. da. *O “admirável Amazonas”, metáfora do pensamento*. Marília – UNESP, 1999.

SIQUEIRA, J. C. de. Plantas do Campus da UNISINOS – espécies frutíferas, madeiras, venenosas e ornamentais. *Acta Biologica Leopoldensia*, v.9, n.2, p.163-180, jul./dez. 1997.

SMITH, R. L. *Elements of ecology*. 3. ed. New York. Harpers Collins Publishers, 1992.

SOARES, J. L. Como nasceu a vida. In: *ENCICLOPÉDIA*. Bloch, v.3, n.27, p.14-35, 1969.

SORRENTINO, M. et. al.. Educação ambiental: experiências e perspectivas. In: DOCUMENTO de Trabalho, ISPN. Brasília: UnB, 1993.

SORRENTINO, M. *Educação ambiental e universidade: um estudo de caso*. 1995. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação/USP, São Paulo, 1995.

SOUZA, M.C. de; CISLINSKI, J.; ROMAGNOLO, M.B. Levantamento florístico. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 343-368.

SOUZA FILHO, E.E.; STEVAUX, J.C. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997.

STEWART, I. *Os números da natureza: a realidade irreal da imaginação matemática*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

TAKEDA, A. M.; SHIMIZU, G.Y.; HIGUTI, J. Variações espaço-temporais da comunidade zoobêntica. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 157-177.

TESCHE, T. M. *Guia de campo das aves do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Museu Anchieta, 1982.

TEIXEIRA, M. G. et al. Análise dos Relatórios de Impactos Ambientais de grandes hidrelétricas no Brasil. In: AB'SABER, A.N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (Org.). *Previsão de impactos: o estudo de Impacto Ambiental no leste, oeste e sul. Experiência no Brasil, Rússia e na Alemanha*. 2. ed. São Paulo: Edusp, 1998.

THOMAS, K. *O homem e o mundo natural: mudanças de atitude em relação às plantas e aos animais, 1500-1800*. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.

THOMAS, P.A. The place of ecology in adult education. In: HALE, M. (Ed.). *Ecology in education*. Nova York: Cambridge University Press, 1995. p. 35-43.

THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C; BINI, L.M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997.p. 73-102.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Limnologia: enfoques e importância para o manejo dos recursos hídricos. *Cad. Biodivers.*, v.2, n.1, p.11-26, jul. 1999.

TIEDEMANN, P. W. Conteúdo de Química em livros didáticos em ciências. *Ciência & Educação*, v.5, n.2, p. 15-22, 1998

TOLMASQUIM, M. T. Economia do meio ambiente: forças e fraquezas. In: CAVALCANTI, Clóvis (Org.). *Desenvolvimento e natureza: estudo para um sociedade sustentável*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

TOMMASINO, K. *Fugindo do sistema: começo e fim da utopia dos ilhéus do rio Paraná*. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

TONHASCA Jr, A. Galton, Pearson, Gosset and Fisher: the fathers of biometry. *Ciência e Cultura*, v.50 n.5, p.391-393, set./out. 1998.

TUNDISI, J. G. et. al. *A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de ciências e geografia: o modelo Lobo (Broa) Brotas/Itirapina*. São Paulo: Escola Engenharia de São Carlos – USP, [19--]. p.311-355. (mimeogr.).

UNISINOS/FURG/UCPEL. *Caracterização, Diagnóstico e Planejamento da bacia de drenagem do rio Camaquã*. Cadernos de Educação Ambiental. São Leopoldo: UNISINOS, 1996.

VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997.

VELOSO, J. A. V. Terremotos induzidos pelo homem. *Ciência Hoje*, v.14, n.81, p. 67-72, maio/jun. 1992.

VIOLA, E. J.; LEIS, Héctor R. O ambientalismo multissetorial no Brasil para além da Rio-92: o desafio de uma estratégia globalista viável. In: *MEIO ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as ciências sociais*. São Paulo: Cortez, 1995.

WETZEL, R. G. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1982.

WOODGER, J. H. *Biología y lenguaje*. Madrid: Editorial Tecnos, 1978.



