



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**



**Ensinando sobre uma visão sistêmica do planeta Terra
a ingressantes do ensino superior**

Maria Daniela Martins Guimarães

Salvador
2010

Maria Daniela Martins Guimarães

**Ensinando sobre uma visão sistêmica do planeta Terra
a ingressantes do ensino superior**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani
Co-orientador: Prof. Dr. Acácio Pagan

Salvador
2010

Maria Daniela Martins Guimarães

**Ensinando sobre uma visão sistêmica do planeta Terra a
ingressantes do ensino superior**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani (orientador)
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dr. Acácio Pagan (co-orientador)
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Prof. Dr. Frederico Loureiro
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Ordep José Serra
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Coordenador do PPGEFHC: _____
Prof. Dr. André Luis Mattedi Dias

Salvador
2010

Agradecimentos

A Charbel, meu orientador, por toda a dedicação ao longo desses anos. Obrigada pela minha formação!

A Acácio, co-orientador, por sua dedicação, ensinamentos e tamanha boa vontade desde o início.

À professora Iara Bravo, por ter me aceitado no EDO, por ter possibilitado esta pesquisa e por toda a colaboração e ensinamentos.

Aos Estudantes das duas turmas de BIO 007 do semestre 2009.2, por terem possibilitado a realização desta pesquisa. MUITÍSSIMO obrigada por toda a colaboração!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Ao professor Ordep Serra, pelos inestimáveis ensinamentos ao longo de anos e por ter aceitado o convite para fazer parte da banca da qualificação e da banca da defesa.

À professora Andreia Oliveira, por ter contribuído muito com sua participação na banca avaliadora da qualificação.

Ao professor Frederico Loureiro, pela avaliação do questionário e por ter aceitado o convite para fazer parte da banca de defesa da dissertação.

À professora Sumi Kawasaki, pelas importantes contribuições com a avaliação do questionário.

À professora Hermínia, de Biologia, pela dedicação incomparável aos seus sempre alunos.

À Capes, pela concessão da bolsa.

A Ricardo, por estar ao meu lado, firme e forte, neste momento de nervos a flor da pele!

A Iara e Peixinho, pelo amor, pelo estímulo, pela vida. Amo vocês demais!

A Tati e Juli, por serem as melhores irmãs do mundo!

A Laura, Alice, Bela e Francisco, por existirem na minha vida e fazê-la mais leve e feliz.

A Celi, Lalá, Aninha, Carol, Carlinha, Manu, Nati, Mara e Viviane, pela amizade e por serem essas mulheres incríveis, que me inspiram sempre!

A Daniele, garota, pela amizade eterna.

À Lúcia de Fátima, pela amizade e pelo incentivo com a minha formação em vários momentos difíceis.

A Lia e Liziane, pelo companheirismo e apoio durante o mestrado.

A todos do nosso grupo de pesquisa, por todos os ensinamentos e compartilhamentos.

À Marli, Elenice e Geraldo, da secretaria do Programa, pela ajuda de sempre.

Resumo

Com base no entendimento de que estamos diante de uma crise ambiental que traz com ela o questionamento da racionalidade econômica e tecnológica dominante, com mudanças que dizem respeito também às relações sociedade-natureza, é possível atribuir ao ensino de ciências um importante papel na formação da cidadania que preze a responsabilidade socioambiental. Dessa forma, acreditamos que, no ensino de biologia, a ecologia, quando estudada a partir de uma visão sistêmica do funcionamento da Terra, pode trazer importantes contribuições para estudantes dos diversos níveis de ensino. A presente pesquisa apresenta os resultados de uma investigação sobre as características que, uma vez presentes em uma unidade didática, podem propiciar condições favoráveis para a aprendizagem sobre a visão sistêmica do planeta Terra e suas relações com a crise ambiental atual, no contexto do ensino superior. A unidade didática investigada foi elaborada e aplicada a partir do trabalho colaborativo entre os pesquisadores e a professora da disciplina na qual a unidade foi incluída, oferecida para estudantes ingressantes do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia. Foram coletados dados através das respostas dos estudantes das duas turmas da disciplina do semestre 2009.2 a diferentes instrumentos: (1) um questionário de múltipla escolha que visou compreender atitudes e opiniões frente a questões ambientais, aplicado, primeiro, antes da intervenção em sala de aula, e segundo, oito meses após o término da intervenção; (2) uma questão discursiva a respeito das causas do fenômeno do aquecimento global, também respondida antes da intervenção; e (3) outra questão discursiva, aplicada logo após as aulas da unidade didática, como parte da última prova do semestre, que visavam coletar informações sobre o conhecimento dos discentes acerca do tema investigado. As características da unidade didática incluíram, dentre outras, as seguintes: o estímulo ao interesse pelo conhecimento científico; a introdução de conteúdos da teoria Gaia e da Ciência do Sistema Terra, de modo a proporcionar um entendimento sistêmico do funcionamento do planeta; a integração de conhecimentos de diversas áreas das ciências, ao tratar de alguns conteúdos, como os ciclos biogeoquímicos; o estímulo à discussão de questões que envolvem aspectos sociais, culturais, ambientais, políticos e econômicos, visando à formação crítica dos estudantes, além do que pode ser feito coletiva e individualmente para o enfrentamento da crise ambiental e do papel da tecnologia nesse processo, estimulando o desenvolvimento da conscientização ambiental.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Ensino de Biologia, trabalho colaborativo, unidade didática, visão sistêmica da Terra, atitudes ambientais.

Abstract

Based on the understanding that we are facing an environmental crisis that brings with it a questioning of the dominant economical and technological rationality, involving changes that also concern the relationship between society and nature, we can ascribe to science teaching an important role in the education of citizens who value socioenvironmental responsibility. Thus, we believe that, in biology teaching, ecology when learnt from a systemic view of Earth functioning, can bring important contributions to students at the most diverse educational levels. This dissertation reports the results of an investigation – performed as a design-based research – about the characteristics of a teaching sequence that can provide favorable conditions for learning about the systemic view of planet Earth and its relationship with the current environmental crisis, at a higher education context. The teaching sequence was elaborated and applied based on a collaborative work involving the researchers and the teacher of the course in which the teaching sequence was included, which is offered to beginning students of a Biology Major at the Federal University of Bahia, Brazil. We gathered data by means of the responses given by students of two classes of this discipline, in the second semester of 2009, to three different instruments: (1) a multiple-choice questionnaire used to gather data about the students' attitudes and opinions about environmental issues, first applied before the classroom intervention, and subsequently applied eight months after its end; (2) a discursive question about the causes of the global warming phenomenon, also answered before the intervention; and (3) another discursive question, applied soon after the classes of the teaching sequence, as part of the last exam of the semester, and aiming at gathering information about the students' knowledge about the subjects addressed in the teaching sequence. The characteristics of the teaching sequence included, among others: it stimulates the students' interest in scientific knowledge; it introduces contents related to the Gaia theory and Earth System Science in order to provide a systemic understanding of planetary functioning; it integrates knowledge from several scientific areas when treating some subjects, such as the biogeochemical cycles; it promotes the discussion of questions involving social, cultural, environmental, political, and economical aspects, aiming at a critical education of the students concerning what can be done, collectively and individually, to confront the environmental crisis, the role of technological in such confrontation, and the development of an environmental awareness.

Keywords: Biological education; Collaborative work; Environmental attitudes; Science education, Systemic view of earth; Teaching sequence.

Lista de figuras

Figura 1: Distribuição dos estudantes participantes do estudo segundo a faixa etária, em porcentagem.....	44
Figura 2: Distribuição dos estudantes participantes de acordo com o estado civil ou a situação marital, em porcentagem.....	44
Figura 3: Distribuição dos estudantes participantes do estudo de acordo com a renda média familiar, em porcentagem.....	45
Figura 4: Distribuição dos estudantes de acordo com o tipo de escola em que cursou o ensino médio.....	46
Figura 5: Distribuição dos estudantes de acordo com os meios de comunicação que possuem em casa, em porcentagem.....	46

Lista de tabelas

Tabela 1: Distribuição das freqüências relativas sobre o relato discente acerca da responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas (1ª aplicação).....	49
Tabela 2: Distribuição das freqüências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca do funcionamento do planeta: sistêmico ou fragmentado (1ª aplicação).....	54
Tabela 3: Distribuição das freqüências relativas sobre como os discentes se posicionam sobre a relação entre ser humano e ambiente natural: ecocentrismo ou antropocentrismo (1ª aplicação).....	56
Tabela 4: Distribuição das freqüências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca da crise ambiental (1ª aplicação).....	58
Tabela 5: Distribuição das freqüências relativas sobre o relato discente acerca da responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas (2ª aplicação).....	75
Tabela 6: Distribuição das freqüências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca do funcionamento do planeta: sistêmico ou fragmentado (2ª aplicação).....	79
Tabela 7: Distribuição das freqüências relativas sobre como os discentes se posicionam sobre a relação entre ser humano e ambiente natural: ecocentrismo ou antropocentrismo (2ª aplicação).....	82
Tabela 8: Distribuição das freqüências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca da crise ambiental (2ª aplicação).....	84

Lista de abreviaturas e siglas

BIO 007	Biologia Geral
BSS	Boaventura de Sousa Santos
CST	Ciência do Sistema Terra
EDO	Estágio Docente Orientado
FIS A92	Física Geral e Experimental
GEO A74	Geologia Geral
IBIO	Instituto de Biologia
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
KVP	<i>Knowledge, Value, Practices</i> (Conhecimento, Valores, Práticas)
MAT A44	Estatística V
ONG	Organização Não-Governamental
PPGEFHC	Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências
QUI 030	Complementos de Química III
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFS	Universidade Federal de Sergipe

Sumário

1. A problemática ambiental e a ciência moderna.....	13
2. A Ciência do Sistema Terra, a teoria Gaia e a construção do conhecimento escolar	17
3. A unidade didática e o trabalho colaborativo.....	22
1. Abordagem de pesquisa.....	24
2. Descrição das instituições envolvidas.....	25
3. O trabalho colaborativo.....	27
4. As alterações do projeto.....	29
5. A imersão no campo.....	30
6. Elaboração da unidade didática.....	31
7. A elaboração do material didático.....	33
8. A coleta dos dados.....	33
9. Sistematização e análise dos dados	38
1. A imersão no campo.....	40
2. Elaboração e aplicação da unidade didática.....	41
3. Elaboração do material didático.....	43
4. Perfil socioeconômico básico.....	44
5. Relatos de atitudes ambientalmente responsáveis.....	48
6. Análise das respostas à questão discursiva aplicada antes da unidade didática.....	61
7. Análise das respostas à questão discursiva aplicada logo após as aulas da unidade didática	67
8. Reaplicação do questionário de relatos de atitudes ambientalmente responsáveis	75

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho relata os resultados de uma investigação sobre características que, uma vez implementadas numa unidade didática, podem propiciar condições favoráveis à aprendizagem sobre uma visão sistêmica do funcionamento do sistema Terra e suas relações com a crise ambiental, no contexto do ensino superior. A investigação foi realizada numa disciplina de primeiro semestre, Biologia Geral, que cumpre o papel de introduzir os estudantes à compreensão de conceitos estruturadores do pensamento biológico, no curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Esta dissertação tem a seguinte estrutura: Primeiro, um capítulo introdutório, dividido em três seções. Este capítulo trata da problemática ambiental, relacionando-a com o caminhar da ciência moderna, através dos argumentos de autores como Enrique Leff e Boaventura de Sousa Santos. Ele também se ocupa de introduzir os referenciais teóricos que utilizamos no estudo do funcionamento sistêmico da Terra, relacionados à teoria Gaia e à Ciência do Sistema Terra, além de discorrer brevemente sobre a construção do conhecimento escolar. Por fim, traz ainda um comentário sobre unidades didáticas e o trabalho colaborativo da equipe de pesquisa.

O segundo capítulo, que conta com oito seções, aborda as considerações metodológicas da pesquisa, através de uma descrição detalhada do desenvolvimento de todas as suas etapas, como requer uma pesquisa que utiliza técnicas etnográficas. A descrição passa pela escolha do objeto de investigação, o contexto e a observação participante em sala de aula, a construção da unidade didática e as alterações sofridas por ela durante o processo, a elaboração dos materiais didáticos, até chegar às formas de coleta, sistematização, análise e discussão dos dados.

Os resultados e sua discussão são apresentados no terceiro capítulo, dividido em oito seções, que tratam desde os resultados do processo de imersão no grupo participante até as análises de todos os dados coletados através dos instrumentos elaborados durante a pesquisa, que são apresentados como apêndices.

Por fim, o quarto capítulo traz as conclusões do trabalho, que apontam para a continuidade do projeto, visando ao aperfeiçoamento da unidade didática, cuja investigação foi iniciada no presente estudo.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. A problemática ambiental e a ciência moderna

A problemática ambiental foi reconhecida nas últimas décadas do século XX, em particular, a partir do final dos anos 1960, no âmago do que autores como Enrique Leff (2006) chamam de *uma crise de civilização*, por existir aí o questionamento da racionalidade econômica e tecnológica dominante. Para este autor, esta crise pode ser entendida como um resultado da pressão do crescimento populacional sobre os recursos naturais e, também, como consequência dos padrões tecnológicos de uso e de exploração da natureza, bem como dos padrões de consumo, devido à acumulação de capital e à maximização da taxa de lucro em curto prazo, que levam à degradação ambiental.

Leff (2006, p.59) afirma que a problemática ambiental acarretou em mudanças socioambientais globais que afetam as condições de sustentabilidade do planeta e que, como consequência, surge a necessidade da internalização das “bases ecológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais”. O autor destaca, assim, a importância das relações sociedade-natureza influenciando os processos causados pela problemática ambiental e aponta que esta deve conduzir a uma reconstrução do saber, orientada por novas metodologias, que permitam uma análise integrada da realidade. Nesse processo, para se chegar a uma estratégia de desenvolvimento a partir de uma concepção integrada dos processos históricos, econômicos, sociais e políticos que geraram a problemática ambiental, Leff (2006) aponta que foi necessária a distinção dos níveis e das formas de integração do conhecimento, com o propósito de:

a) explicar as causas históricas da degradação ambiental, b) diagnosticar a especificidade de sistemas socioambientais complexos, e c) construir uma racionalidade produtiva fundada no planejamento integrado dos recursos (LEFF, 2006, p.60).

Para este autor, as possíveis formas de aproveitamento dos recursos de maneira sustentável que podem ser adotadas atualmente são determinadas pelas condições de expansão da economia de mercado. Contudo, essas condições são

dependentes do grau de rigidez que é apresentado pelas estruturas tecnológicas e institucionais, bem como pelos “[...] princípios teóricos e [...] avanços científicos nos quais se apóia esta racionalidade econômica para internalizar as bases e condições de um desenvolvimento sustentável” (LEFF, 2006, p.61). Entretanto, a construção dessas novas condições – o que o autor chama de “racionalidade produtiva alternativa” ou “ecodesenvolvimento” – não só depende de transformações econômicas, tecnológicas e políticas, mas está sujeita também a certas ideologias teóricas e visões da ciência, que acabam por inibir as possibilidades de uma reorientação das práticas produtivas que possa levar a um desenvolvimento sustentável.

Para Leff (2006), uma das principais causas da problemática ambiental é resultado do processo histórico do qual emergiu a ciência moderna e a revolução industrial. Tal processo histórico propiciou a distinção entre as ciências, o fracionamento do conhecimento e a compartimentalização da realidade em disciplinas, o que buscou aumentar a eficácia do conhecimento científico e a eficiência da cadeia tecnológica de produção. Contudo, é preciso destacar aqui que, se a ciência é parte da origem da problemática ambiental, também é parte da origem de conseqüências positivas para a humanidade, como a melhoria das possibilidades de saúde e da qualidade de vida – não obstante existirem também problemas no que diz respeito ao acesso a esses benefícios. Apesar de concordarmos com a afirmação de Leff (2006, p. 179) de que “os conflitos ecológicos e a crise ambiental não podem ser resolvidos mediante uma administração científica da natureza”, consideramos que, se a ciência é parte da origem dos problemas, também é parte de suas soluções, na medida em que possibilita diferentes olhares e entendimentos sobre a situação, com base no conhecimento científico construído, além dos outros conhecimentos – tão legítimos quanto o científico – a que Leff se refere.

Em relação à disciplinarização, embora tenha gerado, como comenta Leff (2006), uma fragmentação do conhecimento, é importante não perder de vista que também produziu um aumento e aprofundamento notáveis do conhecimento e que é justamente a partir deste aumento que se configura a própria necessidade da integração dos conteúdos das diferentes disciplinas. Portanto, assim como no caso do papel da ciência na crise ambiental, também no caso da disciplinarização, tomamos as idéias de Leff como indicativos relevantes em relação aos problemas contemporâneos, mas as interpretamos com matizes e ressalvas que não encontramos nesse autor, e consideramos importantes.

De acordo com Carvalho (2001), as idéias defendidas por Leff tendem a mostrar a fragilidade da ciência moderna diante dos desafios colocados pela crise ambiental e pela complexidade do mundo. Leff (2006) afirma que a ecologia, por exemplo, não pode deixar de articular, em seus estudos, a dinâmica ecossistêmica com o conjunto de fenômenos físicos e processos sociais que afetam o seu funcionamento, o que demanda a sua articulação com outras ciências. É dessa forma que as mudanças ambientais globais requerem novas metodologias para a integração dos estudos dos fenômenos físicos, biológicos, econômicos e culturais que interferem nos processos do aquecimento global, da perda e da preservação da biodiversidade e das relações entre a ordem econômica mundial e as mudanças ecossistêmicas ocorridas em todo o globo.

Esta suposta fragilidade da ciência moderna no momento atual também é trabalhada por Boaventura de Sousa Santos, importante sociólogo português, que afirma que estamos vivendo uma fase de transição para a ciência pós-moderna, a partir de uma crise da ciência moderna, com sua ordem científica hegemônica (SANTOS, 1988; 2000). Para este autor, a ciência moderna é presidida por um modelo de racionalidade constituído no século XVI, a partir da revolução científica, e desenvolvido nos séculos seguintes, essencialmente no domínio das ciências naturais. Tal modelo, em sua natureza global, é também totalitário, por negar o caráter racional a todas as outras formas de conhecimento que não se baseiam em seus princípios epistemológicos e em suas regras metodológicas. Em suma, segundo Sousa Santos, a ciência moderna pode ser caracterizada por visões de mundo e da vida em que seus protagonistas se colocam declaradamente contra todas as formas de dogmatismo e autoridade, conduzindo a duas distinções fundamentais para o seu entendimento: a distinção entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum, e a distinção entre natureza e pessoa humana. Contudo, essa visão de mundo, que para ele é a dominante, estaria em crise. Para este autor, trata-se de uma crise profunda e irreversível, em um período de revolução científica que teria se iniciado com a mecânica quântica.

Greca e Freire-Jr. (2004), em artigo que discute, entre outras, a obra de Boaventura de Sousa Santos (BSS), sobretudo no que tange às suas implicações para o ensino de ciências, consideram necessário ressaltar que “a postura defendida por BSS não nega a ciência, senão que coloca a necessidade de uma discussão crítica sobre a validade, hoje, de seus pressupostos fundadores, discussão esta que considera fundamental no estado atual do mundo” (*ibid.*, p. 348). Além disso, segundo estes mesmos autores, para Sousa Santos, o poder emancipatório que a ciência teria

expressado em suas origens não se desenvolveu de acordo com as expectativas. Com isso, a promessa de dominação da natureza e do seu uso no sentido de beneficiar a humanidade de forma geral, que levava, de alguma forma, à promessa de uma sociedade mais justa e livre, com base no desenvolvimento tecnológico, não aconteceu. Como comentam Greca e Freire Jr. (2004, p. 350),

Pelo contrário, o que se observa é uma exploração excessiva e despreocupada dos recursos naturais e o desenvolvimento do poder destrutivo da tecnologia. Assim, para BSS, a sociedade percebe agora uma nova insegurança oriunda dos desenvolvimentos científico-tecnológicos, insegurança associada às assimetrias entre a capacidade de agir e a capacidade de prever.

Também é preciso considerar as críticas feitas à posição de Sousa Santos (ver, por exemplo, DE DEUS, 2003), que, de acordo com Greca e Freire-Jr. (2004), dizem respeito muito mais às conseqüências de sua análise dos alicerces do modelo da ciência moderna do que à análise em si. É questionado, por exemplo, qual seria, dentro da ciência moderna, a necessidade que conduziria à mudança de seu modelo, resultando na chamada ‘ciência pós-moderna’: se o capitalismo, que é mantido em grande parte pelos avanços tecnológicos que são gerados através do desenvolvimento da ciência moderna, segue sem alterações, torna-se difícil pensar em razões que levassem a mudanças na própria ciência moderna.

Por fim, Greca e Freire Jr. (2004) colocam que, independentemente de concordar-se de forma geral com as idéias de Boaventura de Sousa Santos ou não, existem em sua obra importantes elementos de uma crítica à ciência que abre possibilidades relevantes para a pesquisa em ensino de ciências. Entre outros pontos, é considerado que a inclusão da discussão sobre como conceitos e teorias desenvolvidas durante o século XX poderiam questionar os pressupostos implícitos da ciência seria uma maneira de motivar os estudantes para o estudo de tais conceitos e teorias.

É neste sentido que consideramos a importância do presente trabalho: tendo em vista a problemática ambiental que se apresenta, a necessidade de transformação das relações sociedade-natureza, a contribuição do ensino de ciências para a formação do cidadão que pratica e reivindica a responsabilidade socioambiental, a relevância do tema ecologia para o ensino de biologia, o potencial interesse que o fenômeno do aquecimento global desperta nos estudantes em geral e o debate existente dentro da comunidade científica a respeito de suas causas, acreditamos que o estudo da atual crise ambiental, a partir da percepção do planeta Terra como um sistema único de interações, trazida pela teoria Gaia e pela Ciência do Sistema Terra, pode trazer reais benefícios

para o ensino de biologia. Dessa forma, o objetivo do trabalho aqui relatado é o de identificar quais as características que, uma vez implementadas numa unidade didática, podem propiciar condições favoráveis à aprendizagem sobre uma visão sistêmica do funcionamento do sistema Terra e suas relações com a crise ambiental, no contexto do ensino superior.

2. A Ciência do Sistema Terra, a teoria Gaia e a construção do conhecimento escolar

As pesquisas desenvolvidas no âmbito da Ciência do Sistema Terra (CST), constituída por um grande número de cientistas de diversas áreas, desde a década de 1990 (JACOBSON *et al.*, 2000; KUMP *et al.*, 1999), bem como as pesquisas relacionadas à teoria Gaia, com base nas idéias propostas pelo cientista inglês James Lovelock, desde a década de 1970, contando com a colaboração de Lynn Margulis (LOVELOCK e MARGULIS, 1974; MARGULIS e LOVELOCK, 1974; LOVELOCK, 1991, 1995, 2000, 2006a, 2006b), se constituem em campos de investigação relativamente recentes que estão redirecionando o entendimento de eventos naturais e das conseqüências de muitas das ações humanas que resultam em alterações ambientais, assim como na própria crise ambiental atual. Tanto a CST como a teoria Gaia apresentam idéias que vêm ampliando o entendimento do funcionamento do nosso planeta, através da introdução de uma visão sistêmica da Terra, que considera os seres vivos, a água, a solo, as rochas e a atmosfera como um sistema único de interações, que apresenta uma dinâmica integrada de funcionamento. Basicamente, a teoria Gaia postula que o planeta Terra foi e continua a ser ativamente transformado pela presença de seres vivos no planeta, de modo a manter condições adequadas à própria vida (LOVELOCK, 1995), enquanto que a CST se constitui em um campo de pesquisa que vem sendo cada vez mais reconhecido e que recebe contribuições importantes das investigações realizadas a partir da perspectiva Gaiana (NUNES-NETO, 2008).

Apesar de a teoria Gaia e a CST possuírem diversos pontos de convergências, sendo o principal deles a idéia de que uma visão sistêmica da Terra possui grande poder explicativo no que diz respeito ao entendimento do funcionamento do nosso planeta, algumas diferenças importantes devem ser destacadas: a CST trabalha com o Sistema Terra, que inclui os estados anteriores ao surgimento da vida na Terra e o interior do planeta, diferentemente do Sistema Gaia, que se refere apenas ao sistema com vida abundante, incluindo somente os estados posteriores à origem da vida e excluindo o

interior do planeta, por não ser habitado pela vida (LENTON e VAN OIJEN, 2002; NUNES-NETO, 2008); a CST não trabalha, além disso, com a controversa idéia de que a Terra é viva (NUNES-NETO, 2008), responsável, em grande parte, pela polêmica história da teoria Gaia no meio científico.

Quando começou a ser conhecida, na década de 1970, a teoria Gaia foi muito bem aceita por certos grupos da sociedade, que reconheceram nela idéias que foram relacionadas às causas ambientais, num momento em que o movimento ambientalista se iniciava. Essa aceitação se deu, principalmente, pelas afirmações de Lovelock de que a Terra seria viva, que traziam um compromisso com o animismo, e pelo fato de ele ter chamado a sua teoria pelo nome de ‘Gaia’, sugerido a Lovelock pelo escritor Willian Golding em 1972, que, na Grécia antiga, representava a personificação da mãe Terra (LOVELOCK, 1995; 2000).

A partir da associação de Gaia com tais movimentos, a teoria passou a enfrentar grande resistência no meio científico, chegando mesmo a ser citada como exemplo de anti-ciência ou pseudociência e de metáfora infalsificável (ver POSTGATE, 1988; KIRCHNER, 1989). Com o passar do tempo, especialmente após o desenvolvimento do modelo do Margaridal (ver WATSON & LOVELOCK, 1983; LOVELOCK, 2006a) e da hipótese CLAW¹ (ver CHARLSON *et al.*, 1987), uma quantidade cada vez maior de pesquisadores, de diversas áreas da ciência, tem se dedicado à investigação sobre a teoria Gaia, o que vem aumentando seus níveis de aceitação pela comunidade científica (NUNES-NETO *et al.*, 2009a; NUNES-NETO *et al.*, 2009b). Estudos epistemológicos também foram realizados, mostrando que Gaia pode ser considerada uma teoria científica, a exemplo do estudo de Lima-Tavares (2003) sobre a cientificidade de Gaia nos termos da filosofia da ciência de Lakatos (1995), por constituir um programa de pesquisa teórica e empiricamente progressivo.

A maior aceitação da teoria Gaia entre os cientistas não significa, contudo, que todos os problemas relacionados a ela foram resolvidos. Restam dificuldades, algumas

¹ Nunes-Neto (2008) resume esquematicamente a hipótese CLAW como a afirmação da existência de uma alça de retroalimentação negativa ligando as algas, o sulfeto de dimetila (DMS) e as nuvens. O funcionamento da alça se daria da seguinte forma: quanto mais quente, mais salina e mais intensamente iluminada a região do oceano, maior será a taxa de emissão de DMS para a atmosfera. Dessa forma, as regiões dos oceanos que não estão cobertas por nuvens tendem a ser mais iluminadas e a se aquecer mais, por receberem a radiação solar diretamente. Isso deve gerar o aumento da temperatura nessas regiões, o que deve aumentar a produção de DMS pelas algas, contribuindo, assim, para a maior formação de nuvens sobre os oceanos. As nuvens, por sua vez, reduzem a temperatura e a luminosidade da superfície da água, porque refletem parte da radiação solar. Essa diminuição da temperatura na superfície leva, conseqüentemente, à diminuição da produção de DMS, o que diminui a produção de nuvens, levando a um novo aumento da incidência de raios solares sobre a superfície da água.

das quais contribuem ainda para a desconfiança da comunidade científica em relação à teoria, como, por exemplo, a afirmação de Lovelock de que a Terra é viva.

Vários pesquisadores que trabalham com base na teoria Gaia raramente ou nunca utilizam a idéia de que a Terra é viva (por exemplo, VOLK, 1998; WILKINSON, 1999; KLEIDON, 2002; LENTON & VAN OIJEN, 2002), além de alguns ainda criticarem a afirmação, como é o caso de Margulis (1996, p.54) que chegou a declarar que rejeitava esta afirmação e discordava da formulação de que Gaia é um organismo . Sendo assim, tal afirmação pode ser considerada de menor importância para a teoria Gaia como um programa de pesquisa e, em vez desta idéia, pode-se sustentar como tese mais central deste programa a proposição de que existe no planeta Terra um sistema cibernético de controle, formado através da estreita inter-relação entre a biota e o ambiente físico-químico, por meio de alças de retroalimentação negativas e positivas (LIMA-TAVARES E EL-HANI, 2001; LIMA-TAVARES, 2003; NUNES-NETO, 2005; NUNES-NETO e EL-HANI, 2006; GUIMARÃES *et al.*, 2008; NUNES-NETO, 2008).

Apesar do apoio de alguns grupos ambientalistas ao longo da história da teoria Gaia, esta também tem sofrido sérias críticas no campo do ambientalismo, as quais, ao contrário daquelas feitas pela comunidade científica, vêm crescendo nos últimos tempos. Estas críticas dizem respeito à possibilidade de que a teoria Gaia contribua para a defesa da idéia de que não existe a necessidade, realmente, de tomar medidas sérias contra a crise ambiental, porque, segundo esta teoria, o sistema Gaia possuiria a capacidade de restaurar seu equilíbrio, mesmo diante de grandes catástrofes. No entanto, tais críticas não se sustentam quando um estudo mais cuidadoso da teoria é realizado, pois Gaia afirma que o sistema cibernético, cuja existência propõe, possui limites em sua capacidade de voltar ao estado de equilíbrio anterior após uma perturbação. Se estes limites forem superados, o sistema poderá perder a capacidade de autoregulação e isso poderá, por sua vez, levar ao rápido agravamento da crise ambiental.

Em trabalhos anteriores de nosso grupo de pesquisa (LIMA-TAVARES e EL-HANI, 2001; LIMA-TAVARES, 2003; GUIMARÃES, 2007; CARMO *et al.*, 2007; GUIMARÃES *et al.*, 2008; CARMO, 2008; NUNES-NETO, 2008), foram discutidas as contribuições que a teoria Gaia pode trazer para o ensino de ciências. Basicamente, estas contribuições se dão em relação à integração de conteúdos de diferentes áreas na abordagem de determinados assuntos, em particular, de temas relevantes diante da presente crise ambiental – como o fenômeno do aquecimento global e as conseqüências

da destruição de ambientes naturais para o planeta –, bem como no que diz respeito à compreensão da natureza da ciência e à conscientização ambiental.

Para exemplificar de que forma a teoria Gaia pode suscitar uma integração de conteúdos trabalhados em diferentes disciplinas, comumente estudados em separado, podemos citar o estudo dos ciclos biogeoquímicos. Quando apresentados através da perspectiva da compreensão do sistema cibernético de controle do ambiente físico-químico pela biota, descrito pela teoria Gaia, estes ciclos podem ser ensinados e aprendidos de modo mais integrado. O próprio Lovelock (2006), ao descrever o ciclo do dióxido de carbono, ilustra bem esta contribuição da teoria:

O dióxido de carbono é o gás metabólico de importância-chave para Gaia, influenciando o clima, o crescimento das plantas e a produção de oxigênio. Ele ocorre em ciclos que se manifestam constantemente através do sistema desde a sua fonte, a produção vulcânica, até sua deposição final, soterrado como calcário (carbonato de cálcio). O nível de dióxido de carbono no ar (que atualmente é de 0,03 por cento) depende do equilíbrio entre as taxas nas quais ele vaza para dentro e é bombeado para fora. As plantas, por meio do seu crescimento, decompõem as rochas da superfície e arrastam o dióxido de carbono para o interior do solo. Aí, dissolvido na água pluvial, ele reage com as rochas basálticas formando bicarbonato de cálcio, que é arrastado pela água até o mar e utilizado pela vida marinha microscópica para formar carapaças. As algas oceânicas também bombeiam dióxido de carbono do ar para a água. Quando a microflora morre, as suas carapaças se precipitam como chuva sobre o leito oceânico, formando sedimentos de calcário e de greda (LOVELOCK, 2006, p. 108).

Desta forma, é realizada a conexão entre os conteúdos de diversas áreas das ciências, como a química, a física, a geologia, a biologia, entre outras.

No que diz respeito à compreensão da natureza da ciência, a trajetória da teoria Gaia no meio científico – com todas as controvérsias que já enfrentou e ainda enfrenta – se constitui em importante exemplo de como se dão os processos de aceitação, debate, confirmação, rejeição e refutação de teorias científicas. E ainda, ao estudar, no contexto do funcionamento sistêmico do planeta, as conseqüências da destruição de ambientes naturais para o sistema, com seus limites na capacidade de autoregulação, é possível que ocorra ou que seja mais desenvolvida a conscientização ambiental, a partir do conhecimento dos problemas de um modo mais aprofundado.

Contudo, como a construção do conhecimento escolar de ciências envolve um intrincado processo de recontextualização, com a participação de diversos atores, com diferentes visões, interesses, valores, práticas etc., é preciso tecer algumas considerações a respeito da inclusão de qualquer conteúdo no conhecimento escolar de ciências. Várias abordagens foram desenvolvidas para tratar da construção do conhecimento escolar e de suas relações com o conhecimento acadêmico de referência,

como os modelos de transposição didática de Chevallard (1991) e do modelo KVP² desenvolvido por Clément (2006), além das idéias de Bernstein (1996), que incluem a recontextualização pedagógica, e de Alice Lopes (1997) sobre mediação didática. A partir da análise dos diversos modelos, Guimarães e colaboradores (2008) concluíram que, em termos gerais, para a inclusão de conteúdos científicos no conhecimento escolar, uma dupla legitimação é necessária: uma legitimação social e uma legitimação epistemológica, sem que uma se sobreponha à outra. Sendo que, por legitimação epistemológica, os autores entendem o reconhecimento do conteúdo a ser trabalhado em sala de aula como suficientemente relacionado ao conhecimento científico de referência.

De acordo com os mesmos autores, existe uma via plausível de legitimação social para a abordagem da teoria Gaia como parte do conhecimento escolar. Esta legitimação social pode ser explicitada através de uma questão fundamental no processo de construção curricular: o que as pessoas a quem se pretende ensinar precisam aprender, para alcançar tais e quais objetivos anteriormente definidos? Ou, dito de outra maneira, quem queremos formar? E para quê? Ou seja, o conteúdo a ser ensinado deve apresentar características que o tornem importante para a sociedade e, logo, para a formação do estudante. A legitimação social da teoria Gaia, como conhecimento escolar, se pauta na necessidade de conscientização ambiental dos estudantes, tendo em vista a crise ambiental e a conseqüente necessidade de mudança na compreensão dos fatores envolvidos na crise, dos valores que norteiam a relação de nossa espécie com a natureza e das atitudes que temos frente a uma série de processos relacionados àquela crise. Entre as questões colocadas no contexto da crise ambiental, temos, por exemplo, aquelas que dizem respeito ao consumismo, à conservação, destinação e reciclagem de recursos, ao ativismo político, às mudanças de hábitos cotidianos, entre outras, que poderão ter suas conseqüências melhor entendidas, à medida que se conhece os mecanismos de regulação da Terra e suas limitações. Guimarães e colaboradores (2008) também defendem que as controvérsias em torno da teoria Gaia no campo do ambientalismo podem ser exploradas para a discussão dos diferentes discursos, valores e atitudes que permeiam a abordagem das questões ambientais em nossa sociedade.

Estes autores concluíram, também, que a teoria Gaia apresenta uma via plausível de legitimação epistemológica, mesmo tratando-se de um programa de pesquisa controverso. Para isso, utilizaram a análise feita por Lima-Tavares (2002), que aponta para a cientificidade da teoria Gaia à luz da teoria da ciência de Lakatos. Além

² KVP: K, do inglês *knowledge* - conhecimento; V, do inglês *values* - valores; e P, do inglês *practices* - práticas (CLÉMENT, 2006).

disso, Guimarães e colaboradores (2008) defendem que a natureza controversa da teoria pode ser, inclusive, explorada com proveito numa tentativa de ensinar aos estudantes sobre a natureza da própria ciência. No entanto, chamam a atenção para a necessidade de que o ensino da teoria enfatize a idéia de um sistema de controle adaptativo do ambiente físico-químico da Terra, no qual os seres vivos desempenham papel central, em vez de formulações metafóricas, que são, no mínimo, polêmicas, como a de que a Terra é viva. Além disso, destacam a importância de que a teoria seja trabalhada em um contexto ou ambiente de aprendizagem³ que busque a integração de conteúdos de diferentes disciplinas, que possa levar a um entendimento integrado de várias áreas da ciência.

Admitindo a legitimação social e epistemológica das idéias da teoria Gaia como conhecimento escolar, vale destacar que seu poder explicativo reside, em nosso entendimento, justamente na idéia central apontada acima (LIMA-TAVARES e EL-HANI, 2001; LIMA-TAVARES, 2003; GUIMARÃES, 2007; CARMO *et al.*, 2007; GUIMARÃES ET AL., 2008; CARMO, 2008; NUNES-NETO, 2008): o sistema cibernético de controle adaptativo sugerido pela teoria. Essa idéia, compartilhada pela CST, fornece bases consistentes para o entendimento de aspectos causadores da crise ambiental e de fenômenos como o aquecimento global.

3. A unidade didática e o trabalho colaborativo

Com o objetivo de investigar sobre quais características que, ao serem implementadas numa unidade didática, podem propiciar condições favoráveis à aprendizagem sobre uma visão sistêmica do funcionamento do sistema Terra e suas relações com a crise ambiental, no contexto do ensino superior, decidimos trabalhar de forma colaborativa com a professora da disciplina em que foi realizado o estudo. Nesse trabalho colaborativo, procuramos colocar de lado papéis sociais hierarquizados que, em geral, prejudicam o trabalho conjunto com os professores (HARGREAVES, 1999; McINTYRE, 2005; EL-HANI e GRECA, 2009). Por meio de tal trabalho em equipe, identificamos as características que desejávamos considerar na construção da unidade didática, por entendermos que elas propiciam condições para a aprendizagem pretendida. A partir de tais características, elaboramos atividades sobre a atual crise ambiental, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra. A unidade didática foi

³ Neste trabalho, entendemos a aprendizagem de ciências como a compreensão da linguagem social da ciência escolar, que se dá através de interações discursivas na sala de aula, entendidas de uma perspectiva sócio-interacionista (Mortimer e Scott, 2003; El-Hani e Mortimer, 2010).

aplicada nas condições reais de uma sala de aula da disciplina Biologia Geral, do curso de graduação em Ciências Biológicas da UFBA, oferecida para alunos ingressantes.

Os resultados da referida investigação estão relatados no presente trabalho, que apresenta como motivação subjacente o pressuposto de que, se for alcançado o objetivo de suscitar a aprendizagem, pelos estudantes, acerca dos assuntos tratados, é mais provável que ocorra, como consequência, o desenvolvimento de uma maior conscientização a respeito da crise ambiental entre eles, juntamente com um senso de responsabilidade compartilhada diante dos problemas ambientais atuais.

No capítulo 2, está apresentada toda a metodologia da pesquisa, através da qual buscou-se alcançar o objetivo descrito acima.

Capítulo 2

METODOLOGIA

Este capítulo tem como foco uma descrição detalhada do desenvolvimento da metodologia empregada na pesquisa, desde a escolha do objeto de investigação e a construção da unidade didática até as formas de coleta, sistematização, análise e discussão dos dados.

1. Abordagem de pesquisa

O estudo aqui relatado pode ser considerado qualitativo ou naturalístico, seguindo a Bogdan e Biklen (2003), por ser baseado em coleta de dados descritivos, a partir de trabalho de campo, com o pesquisador em contato direto com a situação estudada, e por considerar mais importante o processo do que o produto, levando em conta a perspectiva dos sujeitos participantes. No entanto, como destacam Bauer, Gaskell e Allum (2002), não se pode assumir que a pesquisa qualitativa seja a única que se utiliza da interpretação, ou que a pesquisa quantitativa alcance suas conclusões de modo praticamente automático. Isso porque, na pesquisa quantitativa, mesmo que os dados sejam processados com os modelos estatísticos mais sofisticados e com todo o cuidado necessário, não falarão por si mesmos, o que torna, então, a interpretação do pesquisador imprescindível. Na verdade, quanto mais complexo for o modelo estatístico utilizado, mais difícil se tornará a interpretação dos resultados. Dessa forma, a utilização de dados quantitativos e de algum processamento estatístico não descaracteriza a pesquisa como qualitativa e, por isso, consideramos o presente trabalho como uma análise qualitativa de dados numéricos.

Portanto, trata-se de uma pesquisa de intervenção, na qual se utiliza uma abordagem qualitativa, com a interpretação de dados numéricos. A interpretação se coloca como elemento fundamental do processo e contando com a utilização de técnicas etnográficas com os correspondentes cuidados quanto à inserção dos pesquisadores no campo, à produção de um caderno de campo, à caracterização socioeconômica dos grupos estudados, e ao uso da observação participante⁴, com registro sistemático das situações observadas e descrição dos campos institucionais envolvidos, assim como de toda a intervenção. De acordo com Ludke e André (1986), embora pesquisadores da

⁴ A observação participante é aquela em que a identidade do pesquisador e os objetivos do trabalho são expostos ao grupo estudado desde o início da pesquisa (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

área de educação venham utilizando, desde a década de 1970, técnicas etnográficas, o processo de apropriação de tais técnicas na pesquisa educacional envolveu diversas adaptações, que levaram a certo afastamento do sentido original das chamadas técnicas etnográficas. Daí decorre a necessidade de se ter cuidado ao denominar “etnográfica” uma pesquisa em educação, no sentido de que esta não traz em si todas as características da metodologia usada em etnografia, tendo ganhado sentido próprio, como dito acima, em sua transposição para a educação.

O projeto que resultou nesta pesquisa teve como objetivo inicial investigar o processo de construção, as características e os resultados da aplicação de uma unidade didática sobre a teoria Gaia, na qual seria enfatizado o funcionamento sistêmico do planeta Terra. Contudo, o projeto sofreu, como relatadas mais adiante, uma série de alterações até chegar ao formato final, o qual foi concretizado, produzindo os resultados apresentados neste trabalho.

2. Descrição das instituições envolvidas

Neste ponto, para contextualizar a pesquisa e ser fiel à abordagem etnográfica utilizada, faz-se importante a descrição das instituições envolvidas no desenvolvimento do trabalho, que são o Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC); a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), que abrigam o referido Programa de Pós-Graduação; e o Instituto de Biologia da UFBA, que oferece o Curso de Ciências Biológicas, no qual foi realizada a pesquisa.

A UFBA é uma instituição pública e gratuita, instituída no ano de 1946, com sede na Cidade de Salvador. De acordo com o seu Estatuto⁵, de 02 de julho de 2010, em seu artigo 2º, inciso I, um dos objetivos institucionais da UFBA é: “educar para a responsabilidade social e ambiental, contribuindo para o desenvolvimento humano com ética, sustentabilidade e justiça” (UFBA, 2010, p.19) – o que converge com os objetivos da unidade didática aqui avaliada, conforme relatados mais adiante. Com a expansão da universidade e a implantação dos *campi* das cidades de Barreiras e de Vitória da Conquista, esta universidade contou, no ano de 2008, com 23.970 estudantes de graduação, matriculados em seus 92 cursos, e com 2.956 estudantes matriculados em

⁵ O Estatuto da UFBA está disponível no seguinte endereço eletrônico: www.ufba.br/files/estatuto_regimento/index.html.

seus 56 Programas de Pós-Graduação, totalizando 26.926 estudantes matriculados naquele ano (UFBA, 2009).

A UEFS⁶ é, também, uma instituição pública e gratuita, mantida pelo Governo do Estado da Bahia e com sede na cidade de Feira de Santana. Atualmente, a UEFS conta com 27 cursos de graduação, 9 Mestrados e 3 Doutorados, somando mais de 10.000 estudantes (UEFS, 2010).

O PPGEFHC teve início no ano de 2000 com o curso de Mestrado e tem como objeto de estudo as ciências, enfocando a sua análise crítica, sua produção, sua difusão e seu ensino. De acordo com informações do próprio Programa, os estudantes que ingressam no Mestrado são majoritariamente licenciados e professores universitários envolvidos com o ensino das diversas disciplinas científicas, como Biologia, Matemática, Química e Física, e também graduados em cursos das Ciências Humanas, como Filosofia e História, que se voltam para uma análise crítica da ciência e de seu ensino. As pesquisas e dissertações oriundas do Programa são, a grosso modo, de dois tipos: (1) aquelas que tratam de aspectos históricos e epistemológicos das ciências que têm implicações na educação científica, e (2) aquelas que se ocupam de aspectos do ensino de ciências, utilizando aportes históricos e epistemológicos para sua investigação.

O Instituto de Biologia (IBIO) da UFBA foi criado em 08/02/1968, quando da reforma Universitária, e teve sua atual sede, no Campus Universitário de Ondina, inaugurada no dia 04 de julho de 1971. O IBIO é estruturado em três departamentos: o de Biologia Geral, o de Botânica e o de Zoologia⁷ e, no ano de 2010, conta com um corpo docente de 69 professores. O curso de Ciências Biológicas foi criado em 1970, em substituição ao Curso de História Natural, existente desde 1946, na modalidade de Licenciatura. De junho de 1986 a dezembro de 2007, o currículo do curso passou a apresentar, além da Licenciatura, duas modalidades de Bacharelado: 'Ecologia e Recursos Ambientais' e 'Zoologia dos Organismos Aquáticos'. A partir do primeiro semestre de 2008, passou a vigorar um único Bacharelado, em Ciências Biológicas, e a Licenciatura, que foi mantida, mas reformulada. No primeiro semestre do ano de 2010, o curso de Ciências Biológicas, nas duas modalidades contou com 442 estudantes matriculados.

⁶ O Estatuto da UEFS pode ser acessado a partir do seguinte endereço eletrônico: <http://www.uefs.br/portal/arquivos/estatuto-da-uefs.pdf/view>.

⁷ No ano de 2010, foi aprovada a dissolução dos departamentos conforme estão descritos aqui e a implantação, em 2011, de uma nova estrutura organizacional no IBIO.

A disciplina Biologia Geral (BIO 007) é obrigatória para o curso de Ciências Biológicas, nas suas duas modalidades atuais, e é oferecida no primeiro semestre do curso, juntamente com mais quatro disciplinas: Complementos de Química III (QUI 030), Estatística V (MAT A44), Física Geral e Experimental (FIS A92) e Geologia Geral (GEO A74). A ementa da disciplina BIO 007, de acordo com documento da Superintendência Acadêmica da UFBA, fornecido pelo Colegiado do curso de Ciências Biológicas, é a seguinte:

A vida na Terra em sua perspectiva histórica: evolução molecular, Darwin e a teoria da evolução biológica, a síntese evolutiva. Os primórdios da colonização da Terra: a evolução das principais vias metabólicas. Episódios que marcaram a história da vida na Terra. A organização do mundo vivo pelo homem: os diversos critérios para o agrupamento dos seres vivos e a compreensão de relações filogenéticas.

OBJETIVOS

- Aprofundar o conhecimento e estimular a reflexão em temas básicos da Biologia no contexto evolutivo.
- Abordar conceitos fundamentais em Biologia, de modo a estabelecer interrelações, construindo uma visão integrada da vida.
- Incentivar a atitude crítica, desenvolvendo uma consciência ética no reconhecimento da Ciência como um processo.
- Oportunizar a discussão crítica da literatura atualizada que propicie maior domínio no conhecimento de temas relacionados à Biologia.

A disciplina conta com 4 horas/aula por semana, divididas em dois encontros semanais, nas terças e quintas-feiras pela manhã. No semestre em que desenvolvemos a pesquisa, foram formadas duas turmas, a primeira (Turma 1) com aulas das 7:00 às 9:00h da manhã, e a segunda (Turma 2), das 9:00 às 11:00h da manhã. Cada uma das turmas era composta por 26 estudantes, sendo, em sua maioria, recém-ingressos na Universidade, embora alguns estivessem cursando a disciplina pela segunda vez: três estudantes na primeira turma e sete estudantes na segunda.

É nesse contexto que se desenvolveu a presente pesquisa, que chegou à sala de aula através do trabalho em conjunto desta mestranda, do professor Charbel El-Hani, orientador da pesquisa (IBIO/UFBA), da professora Iara Bravo, responsável pela disciplina ministrada nas duas turmas de estudantes participantes da pesquisa (IBIO/UFBA), e do professor Acácio Pagan, co-orientador da pesquisa (Universidade Federal de Sergipe).

3. O trabalho colaborativo

Com base numa decisão metodológica que tem desempenhado papel central no grupo de pesquisa no qual o presente estudo foi conduzido, a saber, de realizar pesquisa

em educação mediante trabalho colaborativo entre pesquisadores acadêmicos e professores, a investigação envolveu de modo central a professora da disciplina BIO 007, Iara Joachim Sordi Bravo. Três aspectos se encontram subjacentes a tal decisão: primeiro, um aspecto educacional, na medida em que essa abordagem da pesquisa contribui para a superação da lacuna pesquisa-prática (PEKAREK, KROCKOVER e SHEPARDSON, 1996; KENNEDY, 1997; McINTYRE, 2005) – ou seja, do distanciamento entre o que é produzido pelas pesquisas em ensino de ciências e o que é aproveitado, de forma prática, pelos professores em suas salas de aula; segundo, um aspecto ético, na medida em que concordamos com Garrison (1988) no que diz respeito à necessidade de democratizar a participação do professor na pesquisa educacional e superar mecanismos que os excluem do processo ativo de produção e distribuição de conhecimento, atribuindo-lhes, em vez disso, um papel passivo de consumidores de propostas oriundas da investigação⁸; e, por fim, um aspecto relativo à validade da pesquisa, uma vez que dados coletados na investigação de uma unidade didática aplicada por um professor que participou de sua construção e aplicação tendem a ser mais confiáveis.

O processo de desenvolvimento das etapas da pesquisa com a professora Iara foi bastante proveitoso, o que pode ter sido facilitado pelo fato de já termos uma relação estabelecida, de boa qualidade, pois ela foi minha professora em meu primeiro semestre do curso de Ciências Biológicas, na mesma disciplina em que desenvolvemos o estudo, além de ter sido minha orientadora acadêmica⁹ durante os meus três primeiros semestres na Universidade. Mas certamente foi durante a realização do Estágio Docente Orientado (ver adiante) que estreitamos essa relação, sempre com muita conversa e colaboração durante o andamento da pesquisa e do próprio estágio. Nossa comunicação através de mensagens eletrônicas foi bastante intensa e em todas as aulas, ou seja, duas vezes por semana, conversávamos e avançávamos com as atividades conjuntas: a reformulação dos roteiros de discussão de textos (ver abaixo) e todas as atividades relativas à pesquisa, como a elaboração da unidade didática e das questões discursivas, a seleção

⁸ Neste contexto, convém considerar que, embora a professora participante do projeto seja, também, pesquisadora na área de Ecologia Nutricional e Comportamental de insetos, ela não realizava, antes de sua participação neste estudo, pesquisa em educação. Assim, evitamos, no decurso do projeto, colocá-la na posição de apenas aplicar as propostas oriundas da investigação, situando-a na condição de investigadora, lado a lado com os três outros pesquisadores envolvidos.

⁹ A orientação acadêmica é uma prática existente no curso de Ciências Biológicas da UFBA, que consiste em um encontro dos estudantes com um professor responsável, antes da matrícula de cada semestre, para uma orientação a respeito das disciplinas a serem cursadas e para o esclarecimento de dúvidas que o estudante porventura tenha, a respeito de assuntos do curso e da Universidade.

dos textos para o material didático, o planejamento das datas para as atividades, dentre outras.

4. As alterações do projeto

Até chegar à sala de aula, o projeto de pesquisa sofreu importantes mudanças. Primeiro, o foco da unidade didática foi alterado, deixando de tratar da teoria Gaia apenas, como originalmente planejado, e passando a focar a atual crise ambiental, utilizando uma visão sistêmica da Terra, para a qual contribuem a teoria Gaia e a Ciência do Sistema Terra, como meio de melhorar o entendimento da crise, de um ponto de vista científico. Isso porque concluímos que, tendo como tema a crise ambiental, as aulas poderiam ser mais atrativas para os estudantes, além de trazerem maior contribuição à sua formação, por tratarem de um assunto bastante atual e que certamente os mobiliza, como estudantes de biologia. Ademais, dessa maneira também aumentam as possibilidades de integração de conhecimentos de diversas áreas, com a inclusão, por exemplo, de aspectos sociopolíticos requeridos para o entendimento da crise.

Além disso, o nível de ensino no qual a unidade didática seria investigada foi também mudado. A princípio, a proposta era investigar quais características uma unidade didática sobre a crise ambiental deveria ter para promover a aprendizagem bem sucedida no ensino médio. No entanto, como a pesquisa, desde o início, teve como procedimento metodológico adotado a realização de trabalho conjunto com o professor da disciplina, situado em sua sala de aula, precisávamos de um professor ou professora do ensino médio que pudesse participar da construção e aplicação da unidade didática. Muitas dificuldades foram encontradas nesse ponto, principalmente porque a intenção era realizar a intervenção quando fossem trabalhados conteúdos de Ecologia, o que geralmente ocorre, no contexto em que idealizamos o estudo, na última unidade do 3º ano do ensino médio. Segundo informações de vários professores de Biologia do ensino médio com os quais interagimos em nosso grupo de pesquisa, devido a fatores como a pressão para abordar os temas mais cobrados nos vestibulares, frequentemente não resta tempo suficiente para trabalhar os conteúdos de Ecologia. Isso os deixava temerosos de assumir um compromisso com a pesquisa e não conseguir, ao fim e ao cabo, o tempo necessário para a sua realização, ao longo da programação do ano letivo.

De forma ainda independente da pesquisa, foi iniciado o contato com a professora Iara Bravo, responsável pela disciplina Biologia Geral no curso de graduação em Ciências Biológicas da UFBA, para a realização do Estágio Docente Orientado

(EDO), atividade integrante do mestrado. Na ocasião do planejamento das atividades que seriam realizadas durante o EDO, a professora Iara solicitou a elaboração de aulas sobre Ecologia, para serem ministradas em dois dias do cronograma, no final do semestre. A partir dessa solicitação, surgiu a idéia de unir os trabalhos e desenvolver a pesquisa nas duas turmas de Biologia Geral, junto com o EDO.

Conversamos com a professora Iara, que concordou de imediato e se mostrou muito entusiasmada com a proposta, passando a integrar a equipe da pesquisa. Assim, deu-se a mudança do nível de ensino trabalhado na pesquisa, do nível médio para o superior. É importante ter em vista que há aspectos positivos nesta mudança, tendo em vista a possibilidade de desenvolver e investigar a unidade didática sem as dificuldades colocadas pelas pressões que recaem sobre o terceiro ano do ensino médio, mas, ainda assim, com estudantes ainda muito próximos do nível médio, na medida em que são ingressantes no ensino superior. Nossa expectativa, assim, é que as características da unidade didática investigada possam ser transpostas para aquele nível de ensino, com as adaptações necessárias.

5. A imersão no campo

Como relatado na seção anterior, a pesquisa foi desenvolvida no contexto do EDO, o que proporcionou um contato mais prolongado com as duas turmas investigadas, porque houve participação da pesquisadora em todas as aulas do semestre, e não só nas aulas da unidade didática. Tendo em vista que a pesquisa aqui relatada incorpora elementos da pesquisa etnográfica, este contato mais prolongado com as turmas pesquisadas, antes mesmo do anúncio da realização da pesquisa, foi de grande importância, por proporcionar a imersão da pesquisadora no campo. Este ponto pode ter sido um diferencial para a boa receptividade demonstrada pelas turmas, refletindo na disposição dos estudantes em participarem da pesquisa e possibilitando uma coleta de dados satisfatória, inclusive durante o período da observação participante. Além disso, a imersão expandiu as possibilidades de compreensão e interpretação para além dos instrumentos formais de coleta de dados, uma vez que a convivência, o contato mais aprofundado com o campo de pesquisa permite o acesso a conhecimentos que não estão explícitos nas respostas de questionários (JACCOUD e MAYER, 2008).

6. Elaboração da unidade didática

O processo de elaboração e de validação da unidade didática foi baseado nos critérios de justificação *a priori* e de validação *a posteriori* ou empírica, discutidos por Méheut (2005). Os critérios de justificação *a priori* têm como objetivo tornar a unidade didática clara, antes mesmo de sua investigação empírica, incluindo três dimensões de análise: 1) uma dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas que eles podem resolver e à sua gênese histórica; 2) uma dimensão psicocognitiva, que analisa as características cognitivas dos estudantes, permitindo que a abordagem dos conteúdos seja ajustada ao nível de escolaridade, idade e outras características dos estudantes; 3) uma dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino (programas, cronogramas etc.), sendo particularmente importante considerar a adequação da unidade didática proposta ao tempo escolar disponível e à estrutura do currículo existente.

Os critérios de validação *a posteriori* de uma unidade didática consideram, por sua vez, dois pontos de vista diferentes, mas complementares: primeiro, uma validação externa ou comparativa, que, na maioria dos casos, é feita através de comparação dos efeitos da unidade didática em relação ao ensino como costuma ser realizado, sem a intervenção, usando, para tanto, avaliações feitas antes e depois das atividades em turmas com e sem aplicação da unidade; segundo, a validação interna, realizada através da análise dos efeitos da unidade didática em relação aos seus próprios objetivos, o que pode ser feito não apenas através de avaliações empreendidas antes e depois da intervenção, mas também observando as vias de aprendizagem dos estudantes ao longo da unidade didática, por exemplo, mediante análise das interações sociais em sala de aula.

Na presente pesquisa, a justificação *a priori* teve lugar da seguinte forma: quanto à dimensão epistemológica, consideramos que a crise ambiental é um tema fortemente relevante, por ser um conteúdo atual e com grande potencial de despertar o interesse dos estudantes, inclusive por sua premência, no que diz respeito aos impactos da espécie humana sobre o planeta e sua própria qualidade de vida, presente e futura. Trata-se, ainda, de tema no qual a investigação científica anda a pleno vapor, com destaque para os campos abordados na unidade, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra. Em particular, o foco sobre Gaia e a ciência do sistema Terra conduz a uma ênfase sobre problemas de interesse central no contexto sócio-histórico-cultural contemporâneo, como as mudanças climáticas, bastante presentes em nossas vidas

cotidianas. Além disso, de um ponto de vista epistemológico, tanto a teoria Gaia quanto às mudanças climáticas globais permitem que os estudantes tenham acesso a discussões que iluminam aspectos importantes em sua formação científica, como a natureza da ciência e das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

No que diz respeito à dimensão psicocognitiva, buscamos adequar os conteúdos trabalhados ao fato de os estudantes serem recém-ingressos no curso, principalmente no que diz respeito à elaboração do material didático destinados à sua leitura. Além disso, não devemos perder de vista que os conteúdos selecionados para serem trabalhados na unidade são especialmente atrativos para estudantes de biologia, com os quais realizamos a pesquisa, na medida em que a própria escolha deste curso abriga, muitas vezes, relações com um maior interesse pelas questões ambientais.

Por fim, quanto à dimensão didática, a unidade foi construída de modo a ajustar-se ao programa da disciplina e, sobretudo, às restrições de tempo. O quesito tempo geralmente impõe grandes restrições aos trabalhos de intervenção em sala de aula, de modo que ter atenção a este aspecto quando se realiza o planejamento das atividades aumenta as chances de impacto da pesquisa em outros contextos educacionais, nos quais restrições semelhantes estejam operando.

Em relação à validação *a posteriori*, a avaliação externa não foi realizada neste estudo, por considerarmos que, antes de testar a unidade didática mediante comparação de seus efeitos com aqueles do ensino sobre os temas ambientais em pauta na forma como é realizado tipicamente, precisávamos desenvolver a própria unidade. Para fazê-lo, um estudo de validação interna nos pareceu apropriado, uma vez que a análise dos efeitos da unidade em relação aos seus próprios objetivos e às vias de aprendizagem dos estudantes permitiria o aprimoramento da mesma, visando futuros estudos de validação externa. A necessidade de realizar estudos visando ao desenvolvimento da própria unidade didática se mostra de modo ainda mais claro quando consideramos que os conteúdos de ecologia não constam no programa oficial da disciplina. Sua inclusão nas aulas tem sido decorrência de um desejo da professora da disciplina, que relatou, inclusive, já ter tentado essa inclusão há alguns anos, mas sem que tivesse ficado satisfeita com os resultados. Por essa razão, ela não voltou a tratar do tema, até a intervenção aqui descrita.

7. A elaboração do material didático

Simultaneamente à elaboração da unidade didática, discutimos o material didático que seria utilizado na mesma. Seguindo a prática da professora Iara na disciplina, decidimos selecionar textos que seriam disponibilizados aos estudantes para leitura, o que foi sendo feito até a conclusão da proposta de unidade didática. Neste ponto, a professora Iara avaliou que os textos estavam extensos e num nível de complexidade que dificultaria a leitura dos estudantes e que seria mais apropriado a elaboração de um texto específico para a unidade. Dessa forma, tendo em vista as dimensões psicocognitiva e didática, como parte da justificação *a priori* da unidade didática, foi elaborado pela pesquisadora e revisado pela professora da disciplina um texto, que foi fornecido aos estudantes para utilização durante a unidade didática, com base no material anterior, que já havia sido selecionado e que inicialmente planejávamos disponibilizar para os estudantes.

8. A coleta dos dados

A coleta de dados empíricos para a realização desta pesquisa ocorreu de duas formas distintas: por meio da aplicação de questionários elaborados para a realização do estudo (ver seção 5 do Capítulo 3) e por meio da observação participante. Além disso, pensando em uma utilização futura, no contexto de outra pesquisa, foi realizado o registro audiovisual das aulas durante a aplicação da unidade didática.

Foram realizadas coletas de dados antes, através da aplicação de um questionário de múltipla escolha e de uma questão discursiva; logo após as aulas da intervenção, com outra questão discursiva; e cerca de oito meses depois, novamente com o mesmo questionário de múltipla escolha, atendendo aos critérios de validação interna discutidos por Méheut (2005), que possibilitam que os efeitos da unidade didática sejam analisados em relação aos objetivos assumidos em sua construção e aos percursos de aprendizagem dos alunos. A construção dos instrumentos utilizados para as coletas de dados, que ocorreu junto com a elaboração da unidade, contou também com a participação da professora da disciplina.

O questionário foi elaborado a partir de bases metodológicas fornecidas pelos trabalhos de Schreiner e Sjøberg (2004) e Pagan (2009), sendo formado por questões fechadas, respondidas através da marcação em uma escala de Likert. Esta escala é organizada através de um conjunto de afirmações, positivas e negativas, dirigidas ao objeto de atitudes que se busca conhecer, de modo que os respondentes, para cada

afirmativa, assinalam uma entre cinco alternativas: ‘discordo totalmente’, ‘discordo parcialmente’, ‘não concordo nem discordo’, ‘concordo parcialmente’ e ‘concordo totalmente’. Neste trabalho, o objeto de atitudes foi a crise ambiental atual, de forma que o questionário objetivou levantar dados sobre como os estudantes da disciplina na qual a investigação foi situada relatavam as suas atitudes e opiniões diante de questões relativas à atual crise ambiental, ao conhecimento científico referente a essa crise e ao funcionamento do planeta Terra.

Cada afirmação que constitui o instrumento, denominada “item Likert”, pode ser agrupada com outras. Cada pequeno grupo de afirmações pode se remeter a uma determinada dimensão do objeto de atitudes e essas dimensões que emergem de um grupo de itens Likert são denominadas “variáveis latentes” (UEBERSAX, 2006). No caso do instrumento utilizado no presente estudo, quatro variáveis latentes foram estabelecidas, conforme descritas na seção de resultados, e as afirmativas foram classificadas como pertencentes, cada qual, a algum desses grupos. A partir da classificação, as afirmativas foram reconstruídas, alteradas e arrumadas em uma ordem que objetivou que houvesse pouca influência de cada uma sobre as respostas das outras. Também foi levada em consideração a necessidade de um equilíbrio entre afirmativas positivas, que afirmam alguma atitude, opinião ou conhecimento, e negativas, que negam alguma atitude, opinião ou conhecimento. Nessa etapa, a participação do co-orientador, Acácio Pagan, foi particularmente fundamental, no que diz respeito à construção do instrumento e à sua avaliação crítica, desde a primeira versão.

As afirmativas foram elaboradas a partir da escolha de temas considerados como relevantes para o estudo e que seriam tratados na unidade didática, posteriormente, assim como com base em trabalhos semelhantes, que também utilizaram questionários para avaliar percepções, atitudes, opiniões etc. sobre questões ambientais, como Tantawi *et al.* (2007), Aragonés e Amérigo (1991) e Biaggio *et al.* (1999). Já as variáveis latentes foram construídas e organizadas a partir das afirmativas que a equipe de pesquisa considerou importantes para a sondagem.

Quanto aos aspectos que envolvem a complexa problemática ambiental, muitos outros, além daqueles considerados no instrumento que utilizamos, poderiam ser incluídos nas questões. Por isso, como costuma ocorrer com qualquer instrumento, o questionário utilizado apresenta limitações que devem ser consideradas na discussão dos resultados obtidos e nas conclusões que tiramos a partir deles. A escolha dos temas tratados no instrumento foi feita com base na abordagem planejada para tais assuntos

durante as aulas da unidade didática, ou seja, pretendeu-se que o instrumento mapeasse os conteúdos trabalhados na unidade. Além disso, foram considerados os momentos de discussão em sala de aula, previstos durante a unidade, em que poderiam ser colocadas as eventuais discordâncias dos estudantes em relação aos temas tratados.

Ressaltamos ainda que a proposta foi de trabalhar as questões ambientais no contexto da ecologia, e não da educação ambiental em si, pois a pesquisa se pauta na área do ensino de ciências, mais especificamente, no ensino de biologia.

Após a finalização da elaboração do instrumento e antes da aplicação em teste-piloto, solicitamos que três pesquisadores externos avaliassem o questionário, além da Profa. Dra. Iara Bravo, participante da pesquisa.

Um dos pesquisadores externos solicitados, o Prof. Dr. Carlos Frederico Loureiro, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizou a avaliação antes da primeira aplicação do questionário, trazendo uma avaliação bastante positiva sobre o instrumento. A Profa. Dra. Clarice Sumi Kawasaki, da Universidade de São Paulo, avaliou o instrumento pouco tempo depois de ter sido aplicado e suas considerações críticas sobre o mesmo também foram importantes, por terem norteadado parte das análises dos resultados obtidos. Sua avaliação apontou, por exemplo, que seria mais adequada a realização de entrevistas com os estudantes, para que fossem questionados sobre as razões e justificativas das suas marcações no questionário. Certamente, ter acesso a essas informações enriqueceria enormemente as nossas análises, mas devido às limitações de tempo, principalmente, optamos pela metodologia aqui apresentada.

Além das instâncias de avaliação interna e externa, o questionário foi testado numa aplicação piloto, realizada no dia 20/10/2009, com 15 estudantes do curso de Ciências Biológicas da UFBA, de semestres variados, escolhidos aleatoriamente durante os momentos de intervalos entre as aulas. Este teste piloto teve como objetivo, principalmente, verificar se os estudantes compreendiam as afirmativas das questões, além de identificar quaisquer dificuldades em relação à marcação das respostas. Alguns estudantes acharam certas questões repetitivas e, por conta disso, duas sentenças foram retiradas do questionário. De modo geral, os estudantes disseram entender as afirmativas e não se queixaram da extensão do questionário. Assim, após as adequações, o instrumento foi aplicado no dia 27/10/2009, nas duas turmas envolvidas na pesquisa. O instrumento em sua versão final, usada no estudo, é apresentado no **Apêndice A**.

Antes do início das coletas de dados, a pesquisa foi explicada aos estudantes, com seus objetivos e suas etapas. Ao término das explicações, foi perguntado se eles

aceitavam participar e, em seguida, foi lido um termo de consentimento livre e esclarecido (**Apêndice B**), assinado por todos os estudantes que se dispuseram a participar.

Durante a aplicação do questionário, foi pedido aos estudantes que marcassem o seu grau de concordância com cada uma das 44 proposições incluídas no instrumento de coleta de dados, mas com a orientação de que deixassem algum item em branco, se assim o desejassem. Além disso, foi explicado que não havia respostas certas ou erradas para cada um dos itens, tendo sido solicitado que fossem tão sinceros quanto pudessem, já que é preciso ter na devida conta a questão do estereótipo do ‘estudante de biologia’, conforme aponta Pagan (2009). Ou seja, neste contexto, não podemos desconsiderar o estereótipo de que o estudante de biologia deve ter uma consciência ambiental bem desenvolvida e colocá-la em prática, que muito provavelmente afeta o modo como estudantes de biologia se situam em relação às atitudes e opiniões que consideram aceitáveis ou não.

Faz-se importante o reconhecimento das limitações do nosso instrumento de coleta de dados, principalmente no que diz respeito à dificuldade de distinguir quais seriam as respostas dadas a partir do ponto de vista da simples adesão às causas ambientais – já que o tema está em voga e as informações a seu respeito são disponíveis em todos os tipos de meios de comunicação, mobilizando o estereótipo de estudante de Biologia mencionado acima –, e quais seriam as respostas dadas a partir da real compreensão do problema e do envolvimento, conseqüentemente, mais aprofundado dos respondentes, de modo a refletir de modo mais confiável suas opiniões e atitudes.

A questão discursiva aplicada antes da intervenção foi, por sua vez, elaborada em conjunto com a professora da disciplina, Profa. Iara Bravo. A questão foi aplicada no dia 10/11/2009, também nas duas turmas participantes, com a seguinte forma: *Explique os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global e justifique sua resposta.* A versão finalizada dessa questão, conforme foi aplicada, é apresentada no **Apêndice C**.

A coleta de dados realizada logo após as aulas propostas consistiu na aplicação de outra questão discursiva, com o intuito de avaliar a aprendizagem dos conteúdos científicos trabalhados durante a unidade didática. Isso aconteceu na aula subsequente à intervenção, compondo a última avaliação da disciplina (a terceira prova), no dia 26/11/2009. A questão teve a seguinte forma: *No meio científico, existe um debate a respeito das causas do fenômeno do aquecimento global atual: uns apontam causas*

naturais, enquanto outros apontam causas antrópicas. Explique os argumentos utilizados na defesa de cada uma dessas visões, utilizando a visão sistêmica da Terra sempre que possível.

Cerca de oito meses após a realização da unidade didática, foi realizada mais uma coleta de dados, através da reaplicação do questionário de múltipla escolha. A opção pela repetição do questionário após ter passado tal intervalo de tempo se deveu à expectativa de que a unidade didática pudesse resultar em um processo de conscientização ambiental, sendo possível a mudança das atitudes cotidianas em situações que envolvem mais fortemente as questões ambientais, além de o instrumento também conter afirmativas que versam sobre o entendimento da crise ambiental em relação ao conhecimento científico trabalhado durante a unidade.

Com a reaplicação do questionário, para a análise dos resultados, devemos considerar o chamado “efeito do teste”, que diz respeito à possibilidade de que o desempenho dos estudantes na reaplicação se mostre melhor simplesmente porque estão respondendo pela segunda vez o mesmo instrumento. No entanto, como o questionário é composto de questões que visam levantar dados sobre os relatos das opiniões e atitudes dos estudantes, não existindo uma resposta certa para nenhum dos quesitos, acreditamos que o efeito do teste é minimizado por esta característica do instrumento, embora admitamos que o respondente esteja sujeito a refletir repetidas vezes sobre as questões, aprendendo também a partir do próprio envolvimento na busca de responder ao questionário. Em virtude desta última possibilidade, não repetimos a aplicação do instrumento logo após a intervenção, deixando para fazê-lo oito meses após a mesma, quando supomos que o efeito da reflexão anterior sobre as afirmativas colocadas no instrumento seria ainda mais diminuído, dado o longo intervalo de tempo. Assim, esperávamos capturar com o instrumento o que mais nos interessava, a possível mudança de atitudes dos estudantes por meio do envolvimento da unidade didática, e não somente na tentativa de responder o próprio instrumento.

Junto à segunda aplicação do questionário de múltipla escolha, foi pedido aos estudantes que respondessem a outro questionário, breve e também com questões de múltipla escolha, que possibilitou o traçado de um perfil socioeconômico das turmas trabalhadas (**Apêndice D**), além de investigar as fontes de informação a que os estudantes têm acesso, a partir de uma questão sobre os meios de comunicação que possuem em casa.

Devido à dificuldade de reunir os estudantes participantes da pesquisa para a aplicação dos dois questionários nessa última coleta de dados, optamos por enviá-los para cada um deles através de mensagem eletrônica (*e-mail*), para que respondessem individualmente e nos enviassem de volta. Esta opção surgiu a partir da dificuldade já mencionada e da avaliação de que, sendo no computador, os questionários poderiam ser mais atrativos para que os estudantes realmente os respondessem. As mensagens foram enviadas no dia 01/07/2010 e foram sendo respondidas ao longo de quase três meses.

Contudo, o retorno das respostas foi de apenas 50% do número alcançado na primeira aplicação. Atribuímos essa queda no retorno dos estudantes ao tempo transcorrido desde a realização da parte de campo da pesquisa e o conseqüente distanciamento daquele contexto, além da falta de um momento em que todos pudessem estar reunidos com o objetivo de responderem aos instrumentos. De qualquer modo, consideramos que o percentual de 50% das primeiras respostas – o que equivale a 23 questionários respondidos – ainda constituía uma quantidade suficiente para a realização das nossas análises.

9. Sistematização e análise dos dados

Os dados dos questionários de múltipla escolha a respeito dos relatos das opiniões e atitudes ambientais dos estudantes foram tabulados e processados pelo software *Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 17.0, que gerou os relatórios utilizados para as análises dos dados obtidos. Com base nos relatórios, foram elaboradas tabelas para cada uma das quatro variáveis latentes (ver Tabelas de 1 a 8), separadas entre as duas aplicações. As tabelas foram construídas através das afirmativas do questionário e, a partir daí, foi realizada análise qualitativa dos dados numéricos, utilizando-se dos valores das frequências relativas em percentuais válidos – ou seja, considerando como total apenas as questões que receberam alguma marcação nos questionários e excluindo, assim, as que ficaram em branco. As análises envolveram, ainda, comparações sistemáticas dos dados obtidos na primeira e na segunda aplicações.

As respostas das questões discursivas foram transcritas, do modo exato como os estudantes escreveram, e organizadas em tabelas (**Apêndices G e H**), a partir de uma numeração aleatória, sem nenhum tipo de identificação quanto à identidade dos estudantes. A única separação estabelecida foi relativa às Turmas 1 e 2.

A análise das respostas dadas às questões discursivas aplicadas antes das aulas da unidade didática e logo depois delas foi baseada na interpretação da pesquisadora,

que conduziu a uma categorização das respostas, a partir de um processo indutivo, no qual as categorias surgiram das próprias respostas, ou seja, não foram usadas categorias preestabelecidas para as respostas dadas. Isso não quer dizer, decerto, que esta análise, por ser indutiva, é atórica, na medida em que a interpretação dada pela pesquisadora é certamente dependente de sua compreensão teórica anterior, ainda que não o seja de categorias previamente determinadas. Ou seja, apesar de não terem sido preestabelecidas, as categorias são dependentes do embasamento teórico do nosso trabalho como um todo, fundamentado numa visão sistêmica do planeta Terra. O processo de categorização envolveu várias leituras das respostas fornecidas pelos alunos. Durante uma primeira leitura das respostas, foram identificadas possibilidades iniciais de categorização das respostas, que foram sendo refinadas nas cinco leituras seguintes, assim como novas categorias foram surgindo, até o ponto em que não se identificou nenhuma nova categoria.

Além das categorias relativas ao que foi perguntado na questão, buscou-se identificar outros elementos importantes para a avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos temas trabalhados, como as abordagens socioeconômicas e políticas. Esse tipo de análise é própria de estudos qualitativos, principalmente quando são utilizadas técnicas etnográficas, como a imersão (BOGDAN e BIKLEN, 2003; JACCOUD e MAYER, 2008).

A fim de aumentar a validade interna do estudo, uma segunda análise dos dados brutos foi realizada pelo Prof. Charbel El-Hani, como forma de aumentar a confiabilidade das interpretações (cf. LECOMPTE e GOETZ, 1982). Quando houve divergência na categorização, esta foi discutida, buscando-se chegar a um acordo comum sobre estes casos. Portanto, a categorização das respostas das questões discursivas é fruto do consenso alcançado entre dois pesquisadores envolvidos no estudo.

Capítulo 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. A imersão no campo

Durante as aulas que foram acompanhadas para a realização do EDO, a minha participação se deu, principalmente, durante as discussões em grupo sobre os textos indicados pela professora, que eram realizadas periodicamente. As discussões eram guiadas por roteiros já utilizados pela professora em outros semestres, mas que tiveram suas questões reformuladas com a minha participação, e quando os estudantes solicitavam o esclarecimento de algum ponto, eu os atendia. Os temas discutidos nessas ocasiões foram: Natureza da ciência, Definições de vida, Origem da vida, Metabolismo e Evolução. Esses momentos de conversa com os grupos foram muito importantes para o estabelecimento de um vínculo de familiaridade e de confiança.

Nas aulas expositivas, atuei a maior parte do tempo como observadora, fazendo poucas intervenções, apenas quando entendia que podia contribuir de alguma forma com a aula ou quando a professora Iara solicitava a minha participação, com alguma pergunta, geralmente associada com temas de história e filosofia da Biologia.

Por meio das observações realizadas em sala, pude registrar o comportamento das turmas, em geral, e de estudantes, em particular, que foram importantes para as análises dos dados coletados através dos instrumentos de coleta. Por exemplo, registrei que as duas turmas foram bem participativas durante as aulas, correspondendo com frequência aos estímulos de participação da professora, quando lançava perguntas, sendo que a segunda turma (Turma 2), de forma geral, foi mais participativa que a primeira (Turma 1). Boas discussões foram presenciadas, principalmente durante os primeiros temas trabalhados, sobre a natureza da ciência e os conceitos de vida, que considerei muito enriquecedoras para o ensino de ciências. Por exemplo, os estudantes se mostraram muito interessados a respeito das formas de construção do conhecimento científico; sobre o caráter social da ciência, com as influências sofridas pelos pesquisadores; sobre as diferenças entre o conhecimento científico e o conhecimento de senso comum; além de se mostrarem bastante curiosos a respeito das definições de vida existentes atualmente na biologia.

As observações sobre os estudantes, por sua vez, me possibilitaram reconhecer alguns que se mostravam mais maduros em relação à própria Universidade, apesar de

serem recém-ingressos; outros que demonstravam envolvimento com as causas ambientalistas; e outros, ainda, que apresentavam comportamentos que sugeriam certa indiferença às questões ambientais.

2. Elaboração e aplicação da unidade didática

A unidade didática investigada neste trabalho tem como objetivo principal trabalhar os temas da ecologia e da crise ambiental atual, com base numa visão sistêmica do planeta Terra, a partir do estudo do conhecimento produzido no âmbito das pesquisas relacionadas à teoria Gaia e à Ciência do Sistema Terra. É dada maior ênfase à teoria Gaia devido – além de seu potencial como conhecimento escolar que propicia uma compreensão mais integrada de conteúdos relativos à biologia, química, geologia, física etc. (CARMO *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2008), característica que é também compartilhada pela CST – aos motivos citados a seguir: primeiro, devido ao interesse que desperta nos estudantes; segundo, pelo fato de que sua história controversa como teoria científica possibilita que sejam trabalhadas questões relativas à natureza da própria ciência (BAKER, 1993; HAIGH, 2001); e, terceiro, pela possibilidade de trabalhar a questão do conceito de vida, incluído na ementa da disciplina e importante como conceito estruturador da Biologia, já que relaciona diversas idéias científicas trabalhadas nesta ciência e, assim, possibilita a construção de uma compreensão integrada do conhecimento biológico (MEYER, BOMFIM e EL-HANI, 2007).

Além da teoria Gaia, na unidade didática também é dada grande ênfase ao fenômeno do aquecimento global, por ser um tema bastante atual, que também desperta o interesse dos estudantes, e por estar no centro de um grande debate no meio científico e sociopolítico, a respeito das causas do fenômeno e das previsões feitas a seu respeito.

Assim, a partir do tempo disponível no cronograma da disciplina, que correspondia a quatro horas-aula, começamos a desenvolver a unidade didática, com base no trabalho colaborativo entre os pesquisadores e a professora da disciplina. Nos dois encontros semanais, proporcionados pela realização do EDO, havia sempre a discussão do desenvolvimento da unidade didática, que foi sendo construída no decorrer do semestre.

Para a construção da unidade didática, tomamos por base a seguinte pergunta: Quais devem ser as características de uma unidade didática baseada em uma visão sistêmica do funcionamento do planeta Terra para propiciar a aprendizagem sobre uma visão sistêmica do funcionamento do sistema Terra e suas relações com a crise

ambiental por estudantes ingressantes do ensino superior? A partir daí, elencamos algumas características que julgamos importantes para o desenvolvimento da unidade e iniciamos o planejamento das aulas. Ao longo das discussões sobre as etapas que vieram a compor a unidade, identificamos novas características que seriam desejáveis – com base, principalmente, na experiência da professora da disciplina –, outras características foram ajustadas, até a sua conclusão. Dessa forma, na versão final, a unidade didática, que foi aplicada nos dias 19 e 24/11/2009, nas duas turmas envolvidas na pesquisa, por meio de aulas ministradas pela professora Iara Bravo, apresenta as seguintes características:

1. Estimula o entendimento e o interesse pelo conhecimento científico.
2. Aborda os conteúdos de forma adequada ao nível de ensino, contando, inclusive, com a elaboração de material didático específico.
3. Revisa os estudos introdutórios sobre a ecologia.
4. Estimula a exposição das concepções prévias dos estudantes sobre a crise ambiental.
5. Introduz conteúdos da teoria Gaia e da Ciência do Sistema Terra – CST, de modo a proporcionar um entendimento sistêmico do funcionamento da Terra.
6. Detalha o tema do aquecimento global, apresentando o atual debate científico acerca das causas desse fenômeno.
7. Integra conhecimentos de diversas áreas das ciências, ao tratar de alguns conteúdos, como os ciclos biogeoquímicos.
8. Com base na idéia da Terra como um superorganismo (encontrada em certas versões da teoria Gaia, inclusive apresentadas por seu proponente principal, James Lovelock), discute alguns conceitos de vida.
9. Ainda com base em Gaia, introduz conceitos como os de auto-regulação e homeostase, entre outros.
10. Suscita a discussão de questões que envolvem aspectos sociais, culturais, ambientais, políticos e econômicos, visando à formação crítica dos estudantes através do questionamento da ordem econômica e tecnológica dominante.

11. Estimula a discussão sobre o que pode ser feito coletiva e individualmente para o enfrentamento da crise ambiental, além do papel da tecnologia nesse processo.
12. Estimula o desenvolvimento da conscientização ambiental.

Como exemplo das alterações sofridas durante a elaboração da unidade didática, podemos citar a questão da ecologia: a idéia inicial da unidade não incluía uma introdução à ecologia, conteúdo que foi proposto pela professora Iara, a partir da sua experiência com as turmas anteriores, que, em sua visão, careciam de uma revisão sobre o assunto, em relação ao que aprenderam no ensino médio. Por isso, foi incluída, na primeira etapa da unidade, uma breve introdução sobre a ecologia e a hierarquia de níveis de organização biológica, assuntos que são trabalhados durante o ensino médio.

Outro tema inserido na unidade após o planejamento inicial foi a alteração do ambiente pelos organismos. Esta foi uma inserção proposta pela pesquisadora para contrapor à situação esperada de que os estudantes, mesmo sendo de um curso de Ciências Biológicas, se posicionassem da maneira usual, diante deste tema, considerando que o ser humano é o único ser vivo que altera o seu ambiente e, além disso, que esta é uma qualidade bastante negativa.

A unidade didática, tal como foi aplicada nas turmas pesquisadas, é apresentada no **Apêndice E**.

3. Elaboração do material didático

Da mesma forma que a unidade didática, o material didático, elaborado na forma de um texto para a leitura pelos estudantes, foi construído conjuntamente pela equipe de pesquisa, incluindo a professora da disciplina. De início, achamos que os estudantes deveriam ler os próprios artigos originais sobre os assuntos tratados na unidade, considerando que são alunos de nível superior e que precisavam se acostumar a esta situação, que deverá (ou, ao menos, deveria) marcar sua atuação profissional, seja como pesquisadores, técnicos ou professores. Selecionamos os textos, com base em referências já conhecidas pelos pesquisadores, mas, a partir da avaliação da professora da disciplina, chegamos à conclusão de que se tratavam de materiais muito complexos e extensos para alunos ingressantes no ensino superior, em particular, considerando-se o restante do material bibliográfico que fazia parte da disciplina. Por isso, concluímos pela necessidade da produção de um texto direcionado para as aulas da unidade didática,

nos quais os conteúdos científicos deveriam ser recontextualizados de modo a constituírem, de fato, um conhecimento escolar, ajustado ao momento de formação dos estudantes.

Esta necessidade foi sentida principalmente quando resolvemos utilizar os trabalhos de Sonia Barros de Oliveira (2008) e de Luiz Carlos Baldicero Molion (2008), sobre o aquecimento global, contidos no livro “**Aquecimento global: frias contendas científicas**”, organizado por José Eli da Veiga (2008). Assim, preparamos dois resumos das obras dos citados autores, para que os estudantes pudessem conhecer o debate acerca das causas do fenômeno do aquecimento global de uma forma mais acessível. A linguagem utilizada no texto preparado foi fator de atenção constante, apesar de termos concordado em que, por se tratar do nível superior de ensino, não deveria ser feita uma quantidade muito grande de adequações da linguagem usualmente utilizada em trabalhos científicos. Afinal, parte da formação dos estudantes no ensino superior consiste, precisamente, em adquirir domínio sobre a linguagem social da ciência.

A versão final do texto preparado como material didático da unidade de ensino trabalhada, que foi distribuída para os alunos, é apresentada no **Apêndice F**.

4. Perfil socioeconômico básico

O levantamento de dados sobre o perfil socioeconômico básico dos estudantes que participaram da pesquisa foi realizado junto com a segunda aplicação do questionário de relatos de atitudes ambientais, cerca de oito meses após as aulas da unidade didática. Isso porque atentamos para a questão de que a contextualização da situação de pesquisa, incluindo uma descrição mais aprofundada de quem são os participantes da mesma, se faz de suma importância diante do seu caráter etnográfico.

Vinte e três estudantes das duas turmas, o que representa cerca de 50% do total, responderam ao questionário socioeconômico, a partir dos quais obtivemos os resultados apresentados a seguir.

Os estudantes que participaram da pesquisa eram todos bastante jovens. A maior parte dos que responderam ao questionário tinha idade entre 18 e 21 anos (Figura 1).

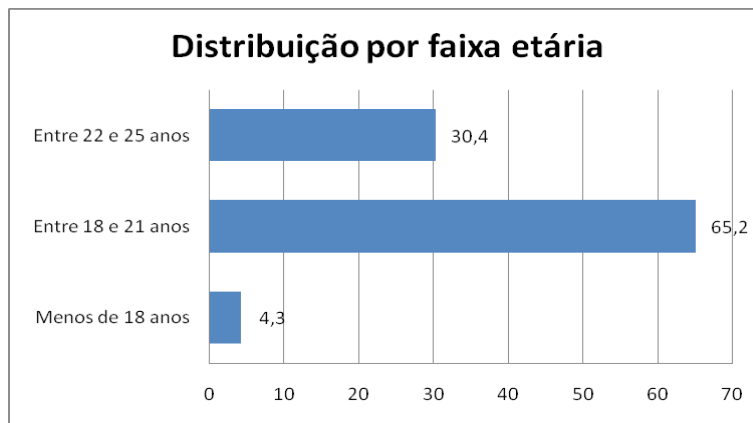


Figura 1: Distribuição dos estudantes participantes do estudo segundo a faixa etária, em porcentagem.

A maioria dos respondentes, 14 estudantes (60,9%), era do sexo feminino, enquanto 09 (39,1%) do sexo masculino. Quanto ao estado civil ou situação marital dos respondentes, a maioria era solteira (21 ou 91,3%), como podia ser esperado, em virtude de sua faixa etária (Figura 2).

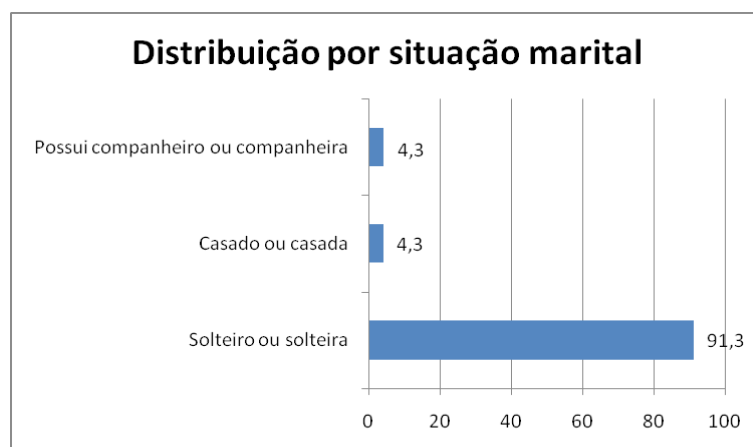


Figura 2: Distribuição dos estudantes participantes de acordo com o estado civil ou a situação marital, em porcentagem.

A maioria dos estudantes respondeu que, à época do estudo, não trabalhava, somando 82,6% (19 estudantes), e apenas 17,4% declararam desenvolver alguma atividade laboral, totalizando quatro estudantes: três do sexo feminino e um do sexo masculino. Uma dessas estudantes afirmou trabalhar num projeto de ações afirmativas da própria UFBA, ou seja, uma atividade relacionada ao mundo acadêmico; o estudante do sexo masculino declarou trabalhar em uma organização não-governamental (ONG); e as duas estudantes restantes responderam trabalhar como atendentes de *telemarketing*.

Apenas dois estudantes responderam ser independentes financeiramente (8,7%), enquanto que a grande maioria (21 ou 91,3%) afirmou não apresentar esta condição. Considerando a faixa etária dos estudantes, este foi um achado esperado.

Foi perguntado aos estudantes sobre a renda média própria, no caso de ser independente, ou familiar. Como pode ser visto na Figura 3, a maioria dos estudantes (08 ou 34,8%) pertencia a famílias com renda entre 2 a 5 salários mínimos, seguida por seis estudantes de famílias de renda mais baixa, entre 1 e 2 salários mínimos (26,1%).

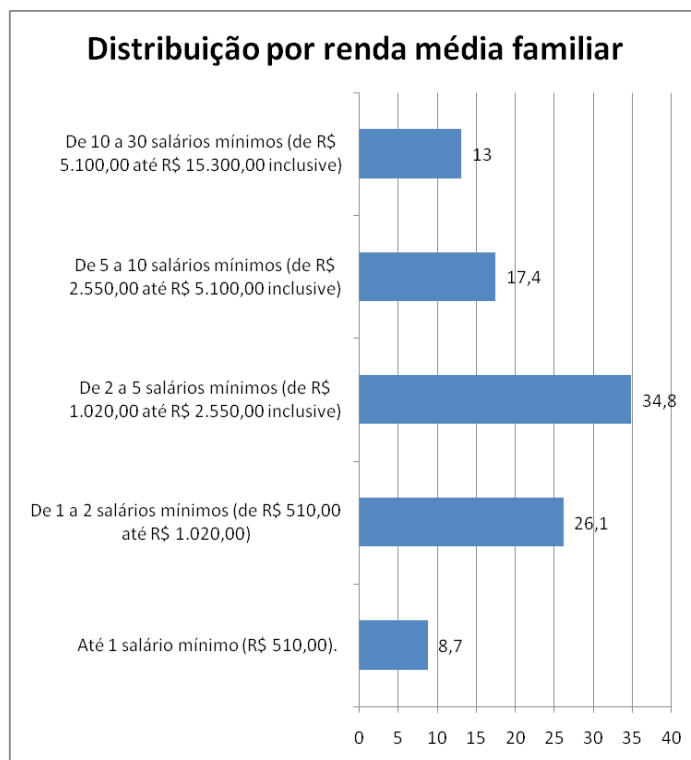


Figura 3: Distribuição dos estudantes participantes do estudo de acordo com a renda média familiar, em porcentagem.

A maioria dos estudantes que participaram do estudo cursou o ensino médio somente em escolas públicas (12 ou 54,5%), enquanto 36,4% (08 estudantes) estudaram apenas em escolas particulares (Figura 4).

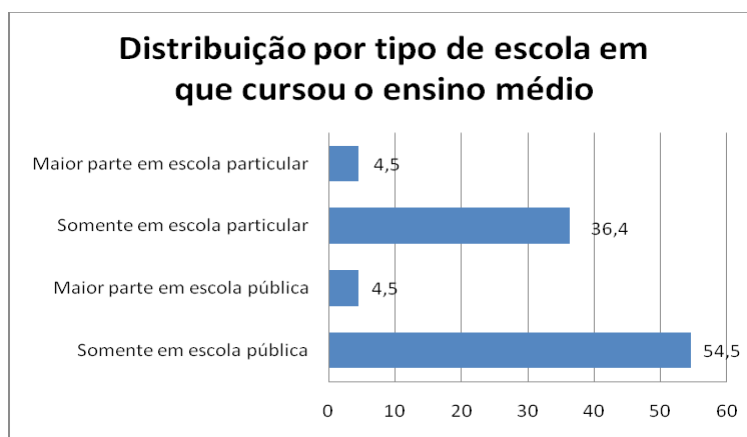


Figura 4: Distribuição dos estudantes de acordo com o tipo de escola em que cursou o ensino médio.

De acordo com as respostas, 16 ou 65,6% dos estudantes nasceram em Salvador e 06 ou 26,1% nasceram em outras cidades do Estado da Bahia, basicamente cidades do sertão baiano. Apenas um estudante declarou ter nascido em outro estado brasileiro, o Rio de Janeiro. Praticamente todos residem em Salvador, com uma distribuição bastante variada de bairros, com exceção de uma estudante que mora na cidade de Lauro de Freitas, na região metropolitana de Salvador.

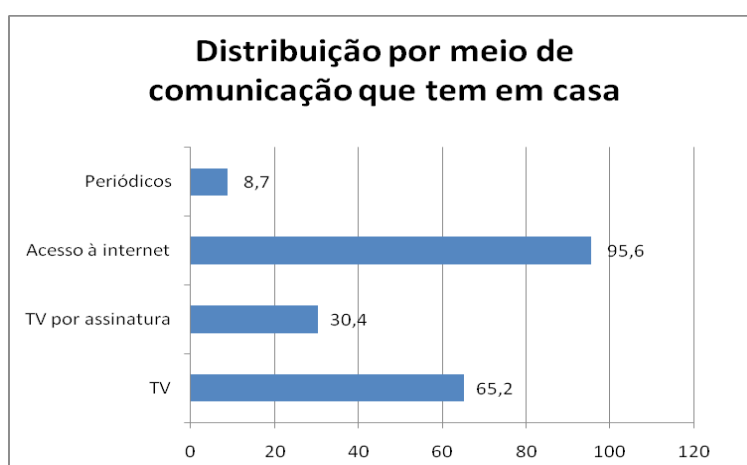


Figura 5: Distribuição dos estudantes de acordo com os meios de comunicação que possuem em casa, em porcentagem.

Com o intuito de investigar as fontes de informação a que os estudantes têm acesso, foi perguntado sobre os meios de comunicação que possuem em casa. A partir das respostas, podemos tirar algumas conclusões a respeito das fontes das quais obtêm informações relativas ao conhecimento científico e à crise ambiental. Apenas uma estudante declarou possuir assinatura de um periódico, a revista Galileu, da Editora Globo, que trata de temas relacionados com ciência, tecnologia e cultura. Esta mesma estudante foi a única a declarar que não possui acesso à internet em casa. Portanto, as

grandes fontes de informação para esses estudantes fora da Universidade são a internet, em primeiro lugar, acessada por 22 ou 95,6% dos estudantes, seguida pela TV, que é fonte de informação para 15 ou 65,2% deles (Figura 5).

5. Relatos de atitudes ambientalmente responsáveis

Nesta seção, são apresentados e analisados os dados obtidos através da aplicação do questionário de múltipla escolha, antes da realização da unidade didática. O objetivo do instrumento de coleta foi levantar dados sobre como os estudantes da disciplina no qual o estudo foi conduzido relatavam as suas atitudes e opiniões diante de questões relativas à atual crise ambiental, ao conhecimento científico referente a essa crise e ao funcionamento do planeta Terra.

No questionário utilizado, as questões estão agrupadas em quatro variáveis latentes (UEBERSAX, 2006), identificadas da seguinte forma:

1. Responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas: nesta variável, buscou-se identificar, através de 17 proposições, se as atitudes relatadas pelos estudantes poderiam ser consideradas ambientalmente responsáveis ou irresponsáveis;
2. Entendimento do funcionamento do planeta Terra: neste caso, a intenção foi identificar, com base em 12 proposições, se as atitudes e posicionamentos dos estudantes frente às questões ambientais têm por base a visão sistêmica da Terra – ou seja, se considera os seres vivos, a água, a solo, as rochas e a atmosfera como um sistema único de interações, que apresenta uma dinâmica integrada de funcionamento – ou se estão embasados por uma compreensão fragmentada do planeta.
3. Posicionamento sobre a relação entre o ser humano e o ambiente natural: esta variável procurou identificar se as atitudes relatadas pelos estudantes se aproximavam mais de uma percepção ecocêntrica ou antropocêntrica¹⁰, por meio de 8 proposições;
4. Entendimento da crise ambiental: aqui, buscou-se identificar, mediante 7 proposições, qual a compreensão da crise ambiental atual os estudantes possuem para fundamentar suas atitudes e opiniões acerca da própria crise, considerando os conhecimentos científicos disponíveis e a maneira como tais conhecimentos são veiculados pelos meios de comunicação.

¹⁰ Uma percepção antropocêntrica é aqui entendida como aquela em que o sujeito valoriza o ambiente natural por sua contribuição para a qualidade da vida humana, enquanto uma percepção ecocêntrica é concebida como aquela em que a natureza é valorizada em si mesma (Amérigo e Bernardo, 2007).

Nas próximas seções, discutiremos nossos achados para cada uma das variáveis latentes do questionário, em sua primeira aplicação.

5.1 Responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas

Para esta variável, as principais preocupações, quando da elaboração das proposições, foram as seguintes: Como os estudantes lidam com os problemas ambientais em suas ações cotidianas? Como consomem (são conscientes do que estão consumindo)? Preocupam-se com a redução da geração de lixo? Reduzem a sua geração de lixo? Como se comportam sociopoliticamente diante das questões ambientais? Consideram os problemas ambientais no seu dia-a-dia? Se sentem responsáveis pelos problemas existentes? Ou seja, buscou-se identificar como as atitudes cotidianas relatadas pelos estudantes podem ser consideradas em relação à responsabilidade ambiental.

A Tabela 1 apresenta os valores das frequências relativas das respostas dos estudantes para esta primeira variável, ordenadas a partir da proposição que obteve o maior valor na opção ‘Concordo totalmente’.

De forma geral, percebe-se que a maior parte das marcações indica atitudes ambientalmente responsáveis, mas algumas questões apresentam marcações que se mostram interessantes, por constituírem relatos de atitudes que se distanciam do estereótipo do estudante de biologia, mencionado na metodologia. Na questão Q.11, por exemplo, a grande maioria, 87%, declarou concordar totalmente com a afirmação proposta, qual seja, que medidas urgentes devem ser tomadas para evitar uma catástrofe decorrente do aquecimento global, mesmo que não haja certeza de suas causas. Contudo, considerando o caráter qualitativo da análise, é interessante notar também que 2,2%, o que corresponde a um estudante, declarou discordar parcialmente da afirmação, claramente se distanciando do estereótipo acima. Este ponto, em conjunto com outros semelhantes encontrados nos demais resultados da pesquisa, indica que, apesar da existência de um conjunto coeso de opiniões e atitudes, que pode estar manifestando um determinado estereótipo, há também diferentes opiniões, ainda que minoritárias, que podem exercer influência no grupo. Outro dado interessante nesta questão é que não houve marcação no campo ‘Não concordo nem discordo’, o que mostra tratar-se de uma questão relevante para os estudantes, já que ninguém se posicionou de modo indiferente a ela.

Tabela 1: Distribuição das frequências relativas sobre o relato discente acerca da responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas (1ª aplicação).

	Proposição	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.11	Mesmo não tendo certeza das causas do aquecimento global, é preciso que medidas urgentes sejam tomadas para que uma catástrofe seja evitada.	87%	10,9%	-	2,2%	-
Q.1	Em nossas ações cotidianas, somos responsáveis pela atual crise ambiental.	60,9%	37%	-	2,2%	-
Q.18	Os produtos que degradam em excesso o meio ambiente durante o seu processo de produção, durante o seu consumo ou no seu descarte devem ser fortemente tributados pelo governo.	43,2%	22,7%	20,5%	6,8%	6,8%
Q.40	Eu tenho conhecimento de qual bioma é predominante na região em que vivo.	39,1%	23,9%	2,2%	17,4%	17,4%
Q.41	Eu evito consumir produtos com muita embalagem por acreditar que atitudes individuais sejam importantes no enfrentamento da crise ambiental.	34,8%	30,4%	19,6%	6,5%	8,7%
Q.15	Na escolha dos meus candidatos em eleições, eu levo em conta as suas propostas para a política ambiental.	32,6%	26,1%	32,6%	4,3%	4,3%
Q.21	É difícil encontrar produtos ambientalmente responsáveis para compra.	32,6%	54,3%	6,5%	4,3%	2,2%
Q.25	Eu incentivo minha família, vizinhos e amigos a utilizarem produtos que causam menor degradação ambiental.	28,3%	39,1%	21,7%	6,5%	4,3%
Q.37	Eu tenho conhecimento de qual rio abastece de água a minha cidade.	22,2%	8,9%	13,3%	11,1%	44,4%
Q.7	Eu procuro comprar produtos ecologicamente responsáveis.	13,3%	42,2%	28,9%	13,3%	2,2%
Q.39	Eu faço parte de algum tipo de organização da sociedade civil que atua na área socioambiental.	8,7%	10,9%	8,7%	10,9%	60,9%
Q.2	Acho impossível vivermos sem o uso do petróleo para geração de energia.	2,2%	11,4%	9,1%	40,9%	36,4%
Q.32	Eu não me preocupo em saber de onde vêm, como são feitos e como são descartados os produtos que eu consumo.	2,2%	17,4%	10,9%	32,6%	37%
Q.3	Reverter os problemas ambientais é responsabilidade do governo.	-	34,8%	2,2%	43,5%	19,6%
Q.4	De modo geral, usar produtos “ecologicamente corretos” não tem efeito significativo para a conservação dos recursos naturais.	-	10,9%	8,7%	21,7%	58,7%
Q.10	As empresas devem colocar sempre os lucros antes das questões ambientais.	-	-	2,2%	2,2%	95,7%
Q.19	Não acredito em atitudes individuais, como deixar o carro em casa e utilizar o transporte público, para ajudar a combater o aquecimento global.	-	8,7%	4,3%	23,9%	63%

Na questão Q.1, 97,9% dos respondentes declararam concordar, em algum grau, com a afirmação de que somos responsáveis pela crise ambiental em decorrência

de nossas ações cotidianas. Este alto nível de concordância sugere que a grande maioria dos estudantes entende a crise ambiental como causada por ações antrópicas, ou seja, que as ações entendidas como causadoras da crise ambiental são, neste caso, as que praticamos em nossas vidas cotidianas. Fica claro que a afirmativa proposta mantém forte relação com as questões da quarta variável latente, sobre o entendimento da crise ambiental. Decidimos, contudo, mantê-la nesta primeira variável por considerarmos importante a sua comparação com as outras questões aqui analisadas, que versam sobre ações cotidianas.

A questão Q.18 chama a atenção pelas marcações nas opções de discordância, 13,6%, em relação à alta tributação de produtos que causam excessiva degradação ambiental. A porcentagem de indiferentes também é significativa, 20,5%, o que pode sugerir que os estudantes não manifestam uma noção muito clara da relação existente entre a degradação ambiental e os impactos financeiros acarretados para o Estado e, conseqüentemente, para toda a sociedade. É possível ilustrar a situação através de um exemplo simples: as indústrias de alimentos utilizam grande quantidade de embalagens em seus produtos, que são logo descartadas pelos consumidores. Essas embalagens geram uma grande quantidade de resíduos sólidos, que deverão ser destinados adequadamente pelo poder público municipal. Os serviços de coleta e transporte dos resíduos, assim como a implantação e a manutenção dos aterros sanitários, possuem alto custo financeiro, que são pagos, evidentemente, pelos impostos cobrados de toda a população. O que a afirmativa proposta indicou foi uma maior tributação sobre produtos como o do exemplo, para que os fabricantes arcassem com uma parte maior dos gastos gerados pelos seus próprios produtos, através do impacto ambiental que causa. Voltando ao exemplo, a maior tributação poderia estimular que a quantidade ou o tipo de embalagens fossem alterados, de modo a obter-se uma redução dos impostos. Por isso, consideramos significativas as marcações nas opções de discordância e na opção neutra para esta questão, que trata do entendimento de um importante problema diretamente relacionado com a responsabilidade social e ambiental.

A questão Q.15 traz, explicitamente, uma atitude de integração entre as dimensões sociopolíticas e ambientais. Note-se que apenas 32,6% dos estudantes concordaram totalmente com a proposição, enquanto 32,6% se posicionaram de modo indiferente a ela. Trata-se do maior valor de marcação na opção 'Não concordo nem discordo' registrado para todo o questionário. Além disso, 8,6% discordaram dela parcial ou totalmente. Isso sugere que os estudantes não conectam questões

sociopolíticas e ambientais, mostrando uma possível falta de conscientização ambiental no que tange a uma participação política ou coletiva que ultrapasse a forma como geralmente são colocadas as possibilidades de enfrentamento dos problemas ambientais. Ou seja, os estudantes não parecem ultrapassar, por exemplo, a defesa de atitudes individuais, como separar o lixo doméstico visando à reciclagem, como se fossem suficientes para tal enfrentamento. Este achado sugere, inclusive, a necessidade de uma educação ambiental de caráter mais sociopolítico, que evite uma ênfase exclusiva, ou mesmo predominante, sobre responsabilidades e atitudes individuais, o que pode levar as pessoas até mesmo a abrir mão de uma participação política, necessária ao enfrentamento das questões ambientais, por sentirem que já fizeram a sua parte, através de ações individuais.

As questões Q.40 e Q.37 partiram do princípio de que o fato de os estudantes buscarem conhecer os biomas que são mais prevalentes onde vivem, bem como de onde vem a água que abastece suas casas, pode refletir seu grau de envolvimento com os problemas ambientais, admitindo-se que, quando nos mantemos alheios a questões como estas, estamos, de certa forma, distanciados das mesmas em nosso cotidiano. Somando as concordâncias em cada uma das questões, observamos que 63% dos estudantes disseram ter conhecimento sobre o bioma predominante em sua região e apenas 31,1% disseram saber qual rio abastece a sua cidade. Esses dados podem sugerir que cerca da metade dos estudantes se preocupam com questões ambientais relativas às suas comunidades a ponto de terem construído conhecimentos sobre a realidade ambiental do local onde vivem. Contudo, não podemos perder de vista que este resultado pode ter decorrido, também, da variabilidade do conhecimento dos estudantes acerca de diferentes elementos do ambiente em que vivem, não resultando, assim, apenas de seu grau de envolvimento com a problemática ambiental. Afinal, eles mostraram mais conhecimento sobre um elemento, os biomas, em detrimento de outro, os rios que banham sua cidade.

A questão Q.2, sobre a impossibilidade de vivermos sem o uso do petróleo para geração de energia, recebeu a maior parte das marcações nas alternativas ‘Discordo parcialmente’ (40,9%) e ‘Discordo totalmente’ (36,4%). Um estudante (2,2%) declarou concordar totalmente com a afirmação, ou seja, que acredita que é impossível a vida nas sociedades humanas sem o uso do petróleo como fonte de energia. Esta última marcação junto com a questão Q.32, que apresenta 19,6% de concordância em algum grau com a afirmação da falta de preocupação com a origem, a forma de produção e a destinação

dos produtos que consomem, mostra, mais uma vez, um afastamento do estereótipo do estudante de biologia ambientalista. Este afastamento declarado pode indicar a sinceridade com que foram respondidos os questionários e aponta para a existência de diferenças nos discursos dos estudantes, mesmo sendo minoritárias.

Na questão Q.41, 65,2% dos respondentes concordaram em algum grau com a afirmativa de que evitam consumir produtos que possuem muita embalagem, por acreditar que atitudes individuais são importantes no enfrentamento da crise ambiental, demonstrando responsabilidade ambiental nas atitudes. 15,2% dos estudantes discordaram da afirmação e 19,6% deles se colocaram como indiferentes à questão, o que sugere uma provável falta de responsabilidade ou mesmo o desconhecimento sobre este tipo de atitude.

Contudo, considerando a questão Q.41 lado a lado com a Q.11, é preciso fazer uma apreciação crítica em relação à elaboração de suas proposições. Em cada uma delas, são encontradas duas afirmativas: em Q.11, que não se tem certeza das causas do aquecimento global e que é preciso que medidas urgentes sejam tomadas para que uma catástrofe seja evitada. Já na Q.41, que se evita consumir produtos com muita embalagem e que se crê que atitudes individuais sejam importantes no enfrentamento da crise ambiental. Em questionários como o que aqui se apresenta, este é um erro que deve ser corrigido, na medida em que cada proposição deve conter apenas uma afirmativa, a fim de que não se torne ambígua a marcação do respondente: entre as duas afirmações, com qual ele está explicitando sua concordância ou discordância? Sendo assim, admitindo o erro e não tendo sido possível corrigi-lo, uma vez que o questionário já havia sido aplicado quando dele nos apercebemos, avaliamos que a confiabilidade dos resultados dessas duas questões pode ter sido comprometida. No entanto, em relação à Q.11, podemos considerar com mais confiança os resultados no sentido de que indicam que, mesmo se colocando a dúvida a respeito se são as ações antrópicas as causadoras do aquecimento global, ainda assim, a grande maioria dos estudantes concorda que é preciso tomar medidas urgentes. Já em relação à Q.41, realmente não é possível inferir sobre qual das duas afirmativas existentes na questão foi respondida. Além disso, foi avaliada a possibilidade de que a Q.11 tenha interferido de alguma forma nas respostas da questão Q.36, incluída na quarta variável latente, como comentado na seção 5.4, a seguir.

5.2 Entendimento do funcionamento do planeta Terra: sistêmico ou fragmentado

O que guiou a elaboração das proposições que resultaram nesta variável foi a intenção de conhecermos se as atitudes e posicionamentos dos estudantes frente à problemática ambiental têm por base a visão sistêmica da Terra ou se fundamentam-se numa compreensão fragmentada do planeta. Além disso, através das proposições, é possível sondar as concepções prévias dos estudantes em relação ao funcionamento do planeta, considerando que o entendimento desse funcionamento de uma forma sistêmica era um dos conteúdos tratados na unidade didática. Desse modo, os sucessos e os percursos da aprendizagem dos estudantes no que diz respeito a este conteúdo fornecem dados importantes para a validação interna da unidade, com as características usadas em seu planejamento.

Na Tabela 2, são apresentados os dados relativos às respostas das questões que integram essa variável, ordenados da mesma forma que na Tabela 1.

Na análise dessa variável, podemos identificar que os estudantes, em sua maioria, relatam possuírem um entendimento sistêmico do funcionamento do planeta Terra. Algumas marcações, em particular, trazem dados importantes para a nossa análise.

Na questão Q.42, por exemplo, 78,3% dos respondentes discordaram em algum grau da afirmativa de que é impossível que a vida na Terra seja eliminada devido a problemas ambientais. Este resultado pode indicar que a maior parte dos estudantes reconhece a existência das relações entre os seres vivos e as partes físico-químicas constituintes do sistema Terra, que são interdependentes, como afirma Lovelock (2000).

A questão Q.13, com a afirmativa “A conservação da diversidade biológica é fundamental no enfrentamento da crise ambiental atual”, mostrou grande concordância entre os estudantes, sendo que 82,6% destes indicaram concordância total, e 15,2%, concordância parcial. Isso poderia sugerir que os estudantes possuíam, mesmo antes da aplicação da unidade didática, conhecimento acerca da importância dos seres vivos na regulação das condições do planeta, a partir de uma visão sistêmica do seu funcionamento. No entanto, seria esperado que os estudantes que marcassem a opção ‘Concordo totalmente’ nesta questão, também concordassem totalmente com a Q.14, que afirma a forma sistêmica de funcionamento da Terra, o que não ocorreu. Na Q.14, a porcentagem de estudantes que marcaram ‘Concordo totalmente’ foi de 69,8%. Além disso, houve uma pequena elevação da frequência de alunos indiferentes à questão, que na Q.13 foi de 2,2% e na Q.14, de 7%. Se admitirmos que a grande concordância na Q.13 não se deve ao entendimento do planeta Terra como um sistema, podemos pensar

na opção de ter sido decorrência do constante chamado pela conservação da diversidade biológica na mídia, que pode resultar na aceitação de que a diversidade biológica é importante, mas sem o conhecimento, de fato, dos motivos dessa importância.

Tabela 2: Distribuição das frequências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca do funcionamento do planeta: sistêmico ou fragmentado (1ª aplicação).

	Proposição	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.4 3	A destruição dos ambientes naturais é prejudicial à manutenção da vida em nosso planeta.	93,5%	6,5%	-	-	-
Q.1 6	O uso de fontes alternativas de geração de energia é importante para o momento de crise que enfrentamos.	84,8%	15,2%	-	-	-
Q.1 3	A conservação da diversidade biológica é fundamental no enfrentamento da crise ambiental atual.	82,6%	15,2%	2,2%	-	-
Q.1 4	Eu entendo o planeta de forma sistêmica, ou seja, como um sistema único de interações.	69,8%	23,3%	7%	-	-
Q.3 0	Existe uma relação muito estreita entre os desmatamentos e o aquecimento global.	54,3%	26,1%	4,3%	6,5%	8,7%
Q.2 8	Até mesmo a nossa alimentação, quando escolhermos quais produtos vamos consumir, tem relação com as questões sobre degradação ambiental.	52,2%	17,4%	21,7%	2,2%	4,3%
Q.8	A agricultura baseada em monoculturas é prejudicial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.	41,9%	25,6%	18,6%	9,3%	4,7%
Q.3 4	Eu evito consumir carnes (bovinas, suínas, de aves e camarões) porque as suas formas de produção, em geral, causam grande degradação ambiental.	10,9%	6,5%	19,6%	26,1%	37%
Q.2 2	Não acredito que a Terra tenha capacidade de auto-regular as suas condições climáticas e químicas.	4,3%	17,4%	4,3%	41,3%	32,6%
Q.4 2	É impossível que a vida sobre a Terra seja eliminada por causa de problemas ambientais.	4,3%	17,4%	-	19,6%	58,7%
Q.3 3	A substituição de ambientes naturais por áreas cultivadas é uma boa solução para os problemas ambientais, pois as áreas continuam vegetadas.	-	8,7%	13%	19,6%	58,7%
Q.3 1	A extinção de espécies animais, como baleias ou tamanduás, ou vegetais, como o cedro ou o angico, não causa nenhum prejuízo à vida, de forma geral.	-	-	-	15,2%	84,8%

Além disso, a questão Q.22, que apresenta 21,7% de estudantes que afirmaram concordar com a afirmação de que não acreditam que a Terra tenha capacidade de auto-regular as suas condições climáticas e químicas, com 4,3% de alunos indiferentes, pode

indicar que, apesar do entendimento sistêmico do planeta pela maioria, apontado na Q.14, mais de um quarto dos estudantes investigados (26%) não compartilham da crença na capacidade de auto-regulação das condições climáticas e químicas da Terra. Ou ainda, devemos considerar a possibilidade de que os estudantes tenham se confundido com a marcação desta questão, uma vez que, em nossa avaliação, as proposições negativas podem trazer dificuldades face a uma escala de Likert. Mas não houve nenhum registro de perguntas e/ou necessidade de esclarecimentos a este respeito durante a aplicação dos questionários.

A questão Q.8 também traz um dado importante, na medida em que sugere o desconhecimento, por uma boa parcela dos estudantes, acerca das relações existentes entre o uso da terra nas ações humanas e sua influência sobre os ciclos biogeoquímicos: 14% dos estudantes discordaram em algum grau da afirmativa de que a agricultura baseada em monoculturas é prejudicial à manutenção dos ciclos biogeoquímicos, enquanto 18,6% marcaram a opção ‘Não concordo nem discordo’. Na unidade didática, foi planejado dar um grande destaque ao estudo dos ciclos biogeoquímicos, inclusive com o intuito de explicitar essas relações com a monocultura.

Na questão Q.30, 15,2% dos estudantes discordaram, total ou parcialmente, da proposição de que existe uma relação muito estreita entre os desmatamentos e o aquecimento global. É provável que essa discordância não se deva ao fato de acreditarem que o aquecimento global tem outras causas, que não às ações humanas, conforme recente debate científico (ver IPCC, 2007; MOLION, 2008; OLIVEIRA, 2008). Afinal, o próprio questionário apresenta, na questão Q.44 (integrante da quarta variável latente, sobre o entendimento da crise ambiental), uma concordância parcial de apenas 10,9% e nenhuma concordância total com a proposição “Eu não acredito que o aquecimento global esteja sendo causado por ações antrópicas”. Por isso, descartamos essa possibilidade e tendemos a considerar que o nível de discordância na Q.30 pode estar indicando que o entendimento sistêmico sugerido pela maioria das respostas dessa variável não está muito bem fundamentado para os estudantes, o que se configura em uma de nossas principais hipóteses de análise.

5.3 Posicionamento sobre a relação entre o ser humano e o ambiente natural: antropocentrismo ou ecocentrismo

Nesta variável, a intenção das proposições foi identificar a forma como os estudantes se posicionam sobre a relação entre os seres humanos e o ambiente natural:

se de forma antropocêntrica, valorizando o ambiente por sua contribuição para a qualidade da vida humana, ou de forma ecocêntrica, valorizando a natureza em si mesma (AMÉRIGO e BERNARDO, 2007).

A Tabela 3 traz os dados das respostas para as questões incluídas nessa variável.

A questão Q.20, que apresentou maiores valores de concordância total (86,7%), sugere um forte movimento em direção a uma visão ecocêntrica.

Tabela 3: Distribuição das frequências relativas sobre como os discentes se posicionam sobre a relação entre ser humano e ambiente natural: ecocentrismo ou antropocentrismo (1ª aplicação).

Proposição		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.20	Eu considero que todos os seres vivos possuem o mesmo direito à vida que o ser humano.	86,7%	8,9%	2,2%	2,2%	-
Q.29	A humanidade está seriamente ameaçada pela atual crise ambiental.	63%	37%	-	-	-
Q.27	Eu economizo água no meu dia-a-dia porque tenho medo que eu ou os meus filhos venhamos a sofrer com a sua escassez.	43,5%	32,6%	6,5%	10,9%	6,5%
Q.23	Eu economizo energia elétrica em minha casa por questões financeiras.	30,4%	37%	8,7%	17,4%	6,5%
Q.35	A agricultura baseada em monoculturas e no uso de agrotóxicos deve ser mantida, pois disso depende a sobrevivência da humanidade.	2,2%	4,3%	8,7%	23,9%	60,9%
Q.38	Outros seres vivos podem ser prejudicados pelas mudanças climáticas, mas não o ser humano.	2,2%	-	-	2,2%	95,7%
Q.6	Os benefícios da preservação ambiental não justificam os gastos envolvidos.	-	14,6%	4,9%	12,2%	68,3%
Q.12	A minha renda é mais importante do que as questões ambientais.	-	4,3%	19,6%	37%	39,1%

As questões Q.27 e Q.23 possuem o mesmo objetivo, i.e., avaliar se atitudes atualmente muito comuns em nossa sociedade, como a economia de água e energia elétrica, apresentam outro motivo que não a economia de recursos financeiros. Afinal, podemos pensar em economizar a água utilizada no nosso dia-a-dia visando outras metas, como, por exemplo, evitar que novas barragens sejam construídas para o seu armazenamento para o consumo humano, ou contribuir para que não se aumente, pelo menos, o custo ambiental do seu tratamento e destinação como efluente, após o uso. Pensamentos desta natureza podem sugerir uma visão ecocêntrica sobre a relação dos

seres humanos com a natureza que os rodeia. O mesmo podemos falar em relação à economia de energia elétrica, que poderia evitar a construção de novas hidrelétricas, por exemplo, poupando rios de serem represados e evitando todo o impacto ambiental que tal processo acarreta, além de evitar ou reduzir a utilização de energia gerada por outras fontes ainda mais prejudiciais ao ambiente, como aquela gerada em usinas termoelétricas, por exemplo. Estas questões, que apontam a economia de recursos por motivos que envolvem apenas interesses pessoais, tiveram altos valores de concordância, com 76,1% para a Q.27 e 67,4% para a Q.23. Esses valores sugerem um movimento contrário àquele sugerido na questão Q.20, em direção a uma visão antropocêntrica da relação entre humanos e o meio ambiente natural.

No entanto, na questão Q.35, o alto valor de discordância (84,8%) da afirmativa de que as monoculturas devem ser mantidas para favorecer a sobrevivência da humanidade aponta na mesma direção da Q.20, no sentido de uma percepção ecocêntrica.

Dessa forma, pode-se perceber certa confusão de valores nas percepções dos estudantes, o que sugere que questões como as incluídas nesta variável latente precisam ser mais aprofundadas e mais discutidas em sala de aula. Ou, ainda, talvez a dificuldade na identificação de uma tendência para este conjunto de questões, se para um posicionamento antropocêntrico ou ecocêntrico por parte dos alunos, seja devida a outros fatores: talvez as proposições não sejam em número ou qualidade suficientes para alcançar tal nível de discriminação entre posicionamentos.

5.4 Entendimento da crise ambiental

Com base no sentimento de que as informações constantemente divulgadas pelos meios de comunicações tendem a obter grande força nos discursos da população em geral, buscamos investigar, nesta variável, como os estudantes pesquisados relatavam seus conhecimentos sobre a crise ambiental. Tivemos em vista tanto conhecimentos científicos quanto idéias colocadas pela mídia. Em relação aos conhecimentos científicos, levamos em conta o fato de se tratarem de estudantes do curso de biologia, que, não obstante o estereótipo já comentado, provavelmente apresentam maior interesse pela temática ambiental e buscam outras fontes de informação, mesmo que não tenham trabalhado esses conteúdos na escola, no nível médio de ensino.

Na Tabela 4, apresentamos os dados obtidos nas respostas às questões que integram esta variável.

Tabela 4: Distribuição das frequências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca da crise ambiental (1ª aplicação).

Proposição		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.17	A crise ambiental que estamos vivendo é um dos maiores problemas da atualidade	41,3%	41,3%	2,2%	13%	2,2%
Q.36	Para a ciência, não existem dúvidas acerca do aquecimento global e de suas causas.	10,9%	32,6%	6,5%	23,9%	26,1%
Q.26	Eu acredito que a tecnologia avançará a ponto de resolver os problemas ambientais que enfrentamos hoje.	4,3%	23,9%	23,9%	37%	10,9%
Q.24	Eu não acredito que os recursos ambientais sejam esgotáveis.	2,2%	-	-	8,7%	89,1%
Q.5	A atual crise ambiental é, freqüentemente, exagerada.	-	21,7%	8,7%	28,3%	41,3%
Q.9	Não acho que estejamos diante de uma crise ambiental.	-	2,3%	11,4%	86,4%	-
Q.44	Eu não acredito que o aquecimento global esteja sendo causado por ações antrópicas.	-	10,9%	-	19,6%	69,6%

Na questão Q.17, a grande maioria dos estudantes, 82,6%, declarou que concorda com a afirmação “A crise ambiental que estamos vivendo é um dos maiores problemas da atualidade”, sendo que metade destes, 41,3%, mostrou concordância total. Além da importância dada à crise ambiental, esta questão também pressupõe a afirmação de que a crise ambiental existe. Contudo, quando analisamos a questão Q.9, vemos que 86,4% discordaram parcialmente da afirmação “Não acho que estejamos diante de uma crise ambiental”, ou seja, acham que estamos diante de uma crise ambiental – para eles há uma crise ambiental –, mas a discordância parcial e não total (nenhuma marcação em ‘Discordo totalmente’) sugere, por sua vez, que existe alguma dúvida a esse respeito. Além disso, 11,4% dos estudantes se mostraram indiferentes à questão, fortalecendo a hipótese de dúvida sobre a existência da crise ambiental.

Na questão Q.26, a maior parte das marcações se distribuiu entre as opções ‘Discordo parcialmente’, com 37%; ‘Concordo parcialmente’, com 23,9% das marcações; e outros 23,9% em ‘Não concordo nem discordo’. Essa distribuição entre as três alternativas sobre o papel da tecnologia na resolução de problemas ambientais atuais indica que não há um posicionamento firme dos estudantes a respeito dessa questão, o que sugere que o tema merece ser mais discutido durante as aulas.

Na questão Q.24, a grande maioria dos estudantes (89,1%) discordou totalmente da proposição “Eu não acredito que os recursos ambientais sejam esgotáveis”, enquanto 8,7% discordaram parcialmente, mantendo um firme posicionamento das turmas em relação à finitude dos recursos ambientais, apesar de um estudante (2,2%) ter discordado totalmente da proposição.

A questão Q.44, por sua vez, apresentou 89,2% de respostas discordantes, entre ‘Discordo parcialmente’ e ‘Discordo totalmente’, para a proposição “Eu não acredito que o aquecimento global esteja sendo causado por ações antrópicas”, não tendo havido nenhuma marcação no campo ‘Concordo totalmente’ e apenas 10,9%, marcaram a opção ‘Concordo parcialmente’. Isso indica que, antes da aplicação da unidade didática, a maior parte dos estudantes relatou acreditar que as interferências humanas são as causadoras do fenômeno do aquecimento global. Também, na questão Q.1, integrante da primeira variável latente, sobre a responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas, 97,9% concordaram com a afirmação “Em nossas ações cotidianas, somos responsáveis pela crise ambiental”. No entanto, quando analisamos a questão Q.36, observamos que exatamente metade dos estudantes declarou discordar da afirmação “Para a ciência, não existem dúvidas acerca do aquecimento global e de suas causas”, com apenas 6,5% de indiferentes e 43,5% de concordantes, parcial ou totalmente. Ou seja, embora a maioria tenha relatado acreditar que as causas do aquecimento global sejam antrópicas, eles se mostraram divididos quanto à confiança que se pode depositar na compreensão científica dessas mesmas causas. Talvez essa discrepância indique um conhecimento relativamente limitado sobre os debates existentes no meio científico a este respeito, que buscamos tratar durante a unidade didática, enfocando o fenômeno do aquecimento global.

Ainda sobre a questão Q.36, retomamos a consideração feita quando tratamos da primeira variável latente e ressaltamos que as respostas dadas a essa questão podem ter sofrido influência da questão Q.11, devido à falha identificada na elaboração da proposição desta última, que afirmou que não havia certeza sobre as causas do aquecimento global.

Por fim, cabe considerar que a ausência de marcações no campo ‘Não concordo nem discordo’, como ocorrido nas questões Q.1, Q.11, Q.16, Q.24, Q.29, Q.31, Q.38, Q.42, Q.43 e Q.44, sugere que houve uma análise cuidadosa das questões pelos estudantes e seriedade nas respostas dadas, além de indicar a relevância dessas questões para eles. Isso porque a opção de se declarar indiferente a alguma questão, a

chamada opção neutra, pode mostrar, além de um ponto intermediário entre as opções extremas, falta de conhecimento sobre o assunto, recusa em responder à questão ou falta de motivação (SCHREINER e SJØBERG, 2004; PAGAN, 2009).

6. Análise das respostas à questão discursiva aplicada antes da unidade didática

No total, foram obtidas 46 respostas, 23 em cada uma das turmas, à questão discursiva que foi aplicada antes das aulas da unidade didática e depois do questionário de múltipla escolha, discutido na seção anterior.

Relembrando, a questão aqui discutida foi o seguinte: *Explique os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global e justifique sua resposta.*

Durante uma primeira leitura das respostas, foi identificada, inicialmente, a possibilidade de categorização quanto aos tipos de causas apontadas para o aquecimento global: naturais e/ou antrópicas. Nas leituras seguintes, as respostas foram categorizadas e as categorias atribuídas a cada uma delas foram refinadas, até o ponto em que, após o processo de validação interna do estudo, com a realização de uma segunda análise dos dados brutos pelo Prof. Charbel El-Hani e o consenso entre as duas análises, se concluiu que novas categorias não podiam mais ser por nós obtidas e as categorizações feitas eram estáveis. As seguintes categorias foram então obtidas, no que diz respeito a esta primeira dimensão de análise:

1. Causas naturais somadas a causas antrópicas;
2. Causas naturais, mas potencializadas pela ação antrópica;
3. Principalmente causas antrópicas (sem citar outros tipos porventura existentes)¹¹;
4. Causas exclusivamente antrópicas;

Durante as leituras para a categorização a respeito dos tipos de causas apontadas, foram reconhecidos outros pontos que julgamos importantes nas respostas, que constituíram outra dimensão de análise. Esta dimensão diz respeito a como a

¹¹ Foram identificadas respostas em que os estudantes afirmam que as ações antrópicas são as principais responsáveis pelo aquecimento global, ou, de outro modo, afirmam que as antrópicas são as causas mais importantes, mas não mencionam quais seriam as outras causas secundárias ou menos importantes. Por isso, a distinção entre a categoria 3, ‘Causas principalmente antrópicas’, e a categoria 4, ‘Causas exclusivamente antrópicas’, que se aplica às respostas em que é explicitado que as únicas causas do aquecimento são as ações humanas.

questão do aquecimento global é abordada pelos estudantes, incluindo as seguintes categorias:

5. Abordagem política: aquecimento global é relacionado com fatores políticos, por exemplo, quando se faz referência a políticas públicas para o enfrentamento do problema;
6. Abordagem socioeconômica: aquecimento global é relacionado com fatores sociais e econômicos, relativos ao modo de vida da sociedade atual e ao sistema econômico vigente;
7. Abordagem catastrofista: quando é identificada uma tendência de tratar o aquecimento global de forma catastrófica, de tragédia iminente, e, por vezes, de modo ingênuo;
8. Abordagem sistêmica: quando é explicitado o entendimento do planeta Terra como um sistema único de interações, fazendo referência, por exemplo, a mecanismos de regulação planetária.

Além disso, mais duas categorias foram construídas:

9. Conhecimento prévio sobre a teoria Gaia: quando está explícito na resposta do estudante que este tem conhecimento prévio a respeito da teoria Gaia;
10. Confusão entre efeito estufa e redução da camada de ozônio: Este foi um problema conceitual tão freqüente que consideramos necessário considerá-lo como uma categoria na análise das respostas.

As tabelas com a categorização das respostas para esta questão discursiva aplicada antes da unidade didática estão apresentadas no **Apêndice G**.

Durante a primeira leitura das respostas, um importante ponto foi observado: consideramos a possibilidade de este segundo instrumento de coleta de dados ter sofrido influência do questionário de múltipla escolha, ou seja, de ter ocorrido o chamado ‘efeito do teste’, discutido anteriormente, mesmo tratando-se de instrumentos de coleta de dados diferentes. O efeito do teste costuma ser considerado quando se realiza a aplicação de testes do mesmo tipo, geralmente antes e após alguma intervenção, tendo-se em vista o efeito provocado sobre as respostas da segunda aplicação, já que o respondente já conhece o instrumento e já o respondeu antes. No entanto, apesar de terem sido instrumentos de tipos bastante diferentes – sendo um questionário de

múltipla escolha, sobre atitudes e opiniões, e uma questão aberta, discursiva, sobre um conteúdo específico, o aquecimento global –, percebemos que a variedade de temas tratados no primeiro instrumento, que incluiu questões sobre o aquecimento global e a crise ambiental, pode ter resultado em novos conhecimentos que os estudantes mobilizaram ao responder ao segundo instrumento. Por isso, concluímos que, em estudos futuros na mesma linha de pesquisa, a questão discursiva deva ser respondida antes da aplicação do questionário de múltipla escolha.

Quanto às respostas, para um total de 46 respondentes, obtivemos os seguintes resultados: 2 estudantes apontaram causas naturais juntamente com causas antrópicas, considerando o debate científico vigente, perfazendo 4,3% do total; 13 estudantes indicaram a existência de causas naturais, mas que estão sendo potencializadas por ações antrópicas, somando 28,3% das respostas; 11 estudantes apontaram que as causas antrópicas são as principais responsáveis pelo aquecimento global (23,9%), mas sem a indicação de quais seriam as outras causas; e a maior parte dos respondentes, 20 estudantes, respondeu que o aquecimento global está sendo causado exclusivamente por causas antrópicas, totalizando 43,5%.

Interessante notar que, na primeira categoria, que considera tanto causas naturais quanto causas antrópicas, dois dos três estudantes explicitaram o atual debate científico a respeito das controvérsias sobre as causas do fenômeno em questão, deixando claro seu conhecimento prévio a respeito do tema trabalhado, ainda que, como discutido acima, possa ter ocorrido algum efeito do questionário de múltipla escolha. Uma dessas respostas foi a seguinte:

Os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global são os mais variados. Tamanha variedade de teorias e explicações torna confusa a explicação real e direta do assunto, já que parte da comunidade acadêmica afirma ser um processo natural acelerado pelo homem e ainda há os que defendem que não se trata de um processo natural, mas sim conseqüências da ação do homem sobre a natureza. Se paira (sic) dúvidas ainda nas explicações sobre o assunto, não há como explicar os fatores já que estes não estão claros pelas partes que competem (sic) explicá-las. (Estudante 20, Turma 1)

Para a resposta citada, vale ressaltar que, apesar do reconhecimento do debate científico, o estudante apresenta uma idéia equivocada, em termos de natureza da ciência, que a existência de um debate mostra falta de clareza. Este posicionamento pode indicar uma idéia subjacente de que, se não houvesse o debate, poderia haver a certeza em uma única explicação científica para o problema.

Foram identificadas 19 respostas com abordagem socioeconômica do tema em questão (41,3% do total), o que indica que os estudantes, com uma frequência significativa, relacionam o aquecimento global com questões socioeconômicas, o que reforça o achado de que a maioria deles atribui às ações antrópicas a responsabilidade pelo fenômeno, tal como evidenciado na primeira dimensão da análise. Foram identificadas também 3 respostas com abordagem política (6,5%), o que mostra que as questões políticas são pouco associadas por estes estudantes ao aquecimento global; por fim, 7 estudantes forneceram respostas com abordagem catastrofista (15,2%), refletindo, talvez, a forma como o aquecimento global é comumente abordado em nossa sociedade, em particular, na mídia.

Ao todo, foram identificadas 4 respostas (8,7%) que fizeram referência a uma visão sistêmica da Terra, através da consideração de mecanismos de regulação das condições do nosso planeta, o que também mostrou conhecimento prévio de alguns alunos sobre outro tema trabalhado na unidade didática. Entre estas respostas, três indicaram causas exclusivamente antrópicas para o aquecimento global, sendo que uma delas indicou também a interferência do modo de vida típico do sistema capitalista como um dos responsáveis pela grande influência das ações antrópicas neste fenômeno. Uma destas respostas mencionou causas naturais sendo potencializadas por atividades antrópicas.

Um importante resultado das análises foi a identificação de um importante problema conceitual, a confusão feita pelos estudantes entre o efeito estufa e a redução da camada de ozônio. Boyes, Chuckran e Stanisstreet (1993), em estudo realizado com estudantes da educação básica, apontaram para a existência de frequentes confusões entre os problemas ambientais, especialmente entre o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio. Esta confusão foi muito frequente entre os estudantes, com 12 respostas (26,1%), mesmo tratando-se de estudantes que estavam ingressando no nível superior de ensino. Para compreender a origem do problema, devemos considerar que o efeito estufa e a redução da camada de ozônio são dois dos problemas mais massivamente noticiados pela mídia nas últimas três décadas. Dessa forma, podemos considerar a forma superficial como o conhecimento científico é divulgado pelos meios de comunicação e como essas informações influenciam, em última instância, professores e estudantes de todos os níveis. A resposta a seguir exemplifica esta confusão:

- Emissão de CO₂ em larga escala – aumenta o efeito estufa natural da Terra.
- Desmatamento – diminui (sic) a camada verde da Terra, diminuindo a emissão de O₂ pela fotossíntese e diminuindo também o consumo de CO₂.
- Emissão de CFC's – os CFC's se ligam com o ozônio destruindo uma parte da camada de Ozônio fazendo com que os raios solares entrem sem filtro, isso causa um aquecimento maior da Terra.
- Pecuária – aumenta o desmatamento em busca de áreas para pasto.
- queimadas – aumenta a emissão de CO₂ e o desmatamento. (Estudante 21, Turma 1)

Para ilustrar toda a categorização realizada, selecionamos alguns exemplos, discutidos a seguir. Primeiro, temos uma resposta que aponta para causas principalmente antrópicas (sem indicar outras causas), utilizando uma abordagem socioeconômica, e o problema conceitual sobre a confusão entre o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio:

O aquecimento global é o grande problema da atualidade e a grande preocupação para as gerações seguintes. Este aquecimento está relacionado à diminuição da camada de ozônio que protege o planeta Terra contra as fortes radiações solares. Uma vez que esta camada encontra-se comprometida, a incidência (sic) de raios solares aumenta provocando este preocupante aquecimento. Como a vida atual está (sic) fortemente relacionada ao crescimento das cidades, urbanização e Industrialização a quantidade de gás carbônico que vem sendo lançado para a atmosfera está cada dia maior. O aumento acentuado da população também favorece tal problema, devido aos hábitos que os seres humanos vêm adquirindo, como só sair de suas casas de carro.

Além disso, outro fator importantíssimo para o aquecimento global é o desmatamento, principalmente para a utilização das áreas desmatadas para pastos e agricultura.

Enfim o aquecimento global tem sido ocasionado por diversos fatores que estão em sua maioria associados às ações antrópicas. (Estudante 23, turma 1)

Em seguida, apresentamos uma resposta com mais categorias, classificada como indicadora de causas exclusivamente antrópicas, que faz uma abordagem política e socioeconômica, além da abordagem sistêmica, quando se refere a um “processo natural de regulação térmica do planeta” e ao “surgimento e manutenção das condições para a vida na Terra”:

A partir da Revolução Industrial, a humanidade expandiu muito os usos de diversas fontes de energia, sendo a principal a queima de combustíveis fósseis (carvão, derivados do petróleo). Desde então a quantidade de combustíveis fósseis queimados em processos industriais só cresceu, e com a combustão da maioria das fontes de energia ocorre a liberação na atmosfera de gases e partículas que acentuam um processo natural de regulação térmica do planeta Terra, o efeito estufa, processo esse fundamental para o surgimento e manutenção das condições para a vida na Terra, ocasionando um conseqüente aquecimento (médio) global.

Ou seja, a expansão desenfreada das indústrias (sic), e a posterior automobilização das populações urbanas (principalmente) agravou o efeito

estufa, graças às grandes quantidades de gases e partículas sendo liberados na atmosfera; uma das principais causas do aquecimento global é o modo de vida capitalista extremamente consumista que acelera os processos de produções industriais e a consequente enorme quantidade de combustíveis fósseis queimados anualmente. (Estudante 07, Turma 1)

Também, foi apresentada uma resposta que aponta para causas naturais, mas potencializadas por ações antrópicas, utilizando-se de uma abordagem política e catastrofista:

Diversos fatores físicos e químicos contribuem para o aquecimento global. Apesar de haver argumentos que a Terra estaria passando por um período interglacial e que o aumento da temperatura é normal, há de ter que admitir as altas taxas de CO (monóxido de carbono) CH₄ (metano) emitidas pelas fábricas, automóveis, queima de florestas e etc, são fatos que agravam o atual quadro ambiental, senão, no mínimo, tornam este aquecimento natural um tanto precoce e o que poderia ser gradativo e a mais fácil de adaptar-se, pode-se tomar o atestado de óbito de muitas formas de vida. O principal fator para a atual crise é o déficit (sic) de muitos governos com a educação ambiental, pois ao invés (sic) de degradar para depois tanto remediar, o simples fato de prevenir já ajudaria a não estarmos nesta condição de crise ambiental. (Estudante 08, Turma 2)

A única resposta que apresentou conhecimento prévio sobre a teoria Gaia, na primeira aplicação da questão discursiva, é apresentada a seguir. Ela também se caracteriza por uma abordagem socioeconômica e pela atribuição do aquecimento global a causas naturais potencializadas por ações antrópicas:

Tenho ouvido sobre vários fatores, que tem sido apontados como causa do aquecimento global, tenho lido e ouvido sobre hipóteses, como de gaia, que o planeta tem períodos quente e frio (sic), o que parece ser um consenso é que, de processo natural o ser humano vem contribuindo, se não, causando o evento, acelerando o processo. Sabe-se que o homem transforma o ambiente, e com algumas atitudes, sempre visando lucro, além de esgotar recurso natural, emissão de gases poluidores, e segundo a tendência de desenvolvimento, sem o pensar no depois, ao que parece o planeta tem demonstrado (sic) a exaustão. (Estudante 11, Turma 2)

Podemos concluir, então, a partir das análises realizadas sobre as respostas dadas na primeira aplicação da questão discursiva, que a maior parte dos estudantes (43,5%) considerava que as ações dos seres humanos são as únicas responsáveis pelo fenômeno do aquecimento global. As outras duas categorias mais frequentes, quanto às causas do aquecimento global, também deram grande destaque às causas antrópicas, com 23,9% para as respostas que consideraram as causas antrópicas como principais responsáveis pelo aquecimento – mas sem indicação de outras causas –, e 28,3% para as que apontaram causas naturais potencializadas pelas ações antrópicas. Ou seja, o debate

científico a respeito das causas do aquecimento global era desconhecido da grande maioria dos estudantes e, possivelmente – analisando também as fontes de informações dos estudantes, a partir do perfil socioeconômico traçado –, o conhecimento explicitado nas respostas tem grande influência das informações divulgadas pela mídia e, logo, da forma como o aquecimento global geralmente é tratado pelos meios de comunicação, dando grande ênfase à idéia de que ele é consequência direta das ações antrópicas.

7. Análise das respostas à questão discursiva aplicada logo após as aulas da unidade didática

À questão discursiva que foi aplicada logo após a intervenção e que foi incluída na última prova da disciplina, responderam 48 estudantes, sendo 26 da Turma 1 e 22 da Turma 2.

O enunciado da questão foi o seguinte: *No meio científico, existe um debate a respeito das causas do fenômeno do aquecimento global atual: uns apontam causas naturais, enquanto outros apontam causas antrópicas. Explique os argumentos utilizados na defesa de cada uma dessas visões, utilizando a visão sistêmica da Terra sempre que possível.*

Durante a primeira leitura das respostas, foi identificada a possibilidade de três formas distintas de categorização: quanto ao conteúdo tratado nas aulas, quanto às explicações sistêmicas e quanto ao tipo de abordagem. A partir disso, foram criadas as seguintes categorias:

1. Conteúdo das aulas: quando o conteúdo trabalhado nas aulas sobre as causas do aquecimento global aparece na resposta de forma significativa, ainda que não se responda completamente à questão;
2. Abordagem socioeconômica;
3. Abordagem catastrofista;
4. Explicação sistêmica: quando existe alguma explicação para as causas apontadas de acordo com a visão sistêmica do funcionamento do planeta;
5. Confusão entre os diferentes temas trabalhados: quando ocorre a combinação de temas que foram trabalhados nas aulas, mas de forma confusa, mostrando que os conteúdos não foram bem compreendidos;

Nas leituras seguintes, as respostas foram sendo categorizadas e identificamos que outros casos ainda deveriam ser considerados, como, por exemplo, os tipos de

causas apontadas para o aquecimento global, visando à compatibilização com as categorias da primeira questão discursiva; o reconhecimento da controvérsia sobre o fenômeno estudado; a confusão entre os temas abordados nas aulas; e o problema conceitual a respeito da confusão entre o efeito estufa e a redução da camada de ozônio, que persistiu após as aulas. Ao longo das leituras, conforme o procedimento descrito na metodologia e na seção anterior, as respostas foram categorizadas e as categorias atribuídas a cada uma foram refinadas, até o ponto em que se concluiu que novas categorias não podiam mais ser obtidas, com as categorizações feitas mostrando-se estáveis. Por fim, as novas categorias que permaneceram para a análise foram as seguintes:

6. Causas naturais e antrópicas;
7. Causas naturais potencializadas por ações antrópicas;
8. Causas exclusivamente antrópicas;
9. Problema conceitual: efeito estufa e redução da camada de ozônio.
10. Reconhecimento da controvérsia sobre o aquecimento global: quando é mencionado o debate científico quanto às causas do aquecimento.

Todas as respostas foram transcritas e são apresentadas no **Apêndice H**, junto com a sua categorização.

Na categoria ‘Conteúdo das aulas’, foram incluídas 22 respostas, o que representa 45,8% do total. Como explicado acima, foi considerado o conteúdo trabalhado nas aulas sobre as causas do aquecimento global que são apontadas pela comunidade científica, na tentativa de diferenciar o que foi aprendido durante as aulas e com a leitura do material didático e o que já existia como conhecimento prévio – como o mecanismo do efeito estufa. O número de respostas que puderam ser incluídas nesta categoria foi relativamente pequeno, já que a questão discursiva aqui discutida foi bastante específica em relação aos conteúdos trabalhados na unidade didática. No entanto, em nossa avaliação, de forma geral, as respostas aqui incluídas tiveram elevada qualidade, sugerindo que a aprendizagem – pelo menos, de curto prazo –, ocorreu em parte dos estudantes. De qualquer modo, isso indica a necessidade de aprimorar a unidade didática, de modo que essa aprendizagem de qualidade seja potencializada entre mais estudantes.

Esta categoria pode ser exemplificada pelo seguinte trecho:

Os cientistas apontam diversas causadas (sic) para o aquecimento global. As causas antrópicas e causas naturais.

A verdade (sic) é que a Terra por si só é um sistema que basicamente modifica a vida daqueles que nela vivem e também é modificada por esses seres vivos.

O aquecimento global é um fenômeno provocado pela intensificação do efeito estufa. O homem, com certeza contribui para esse aquecimento, na medida em que quando este homem (ser humano em geral) derruba florestas reduzindo a densa camada vegetal, faz queimadas liberando gases de efeito estufa, constrói depósitos de lixo a céu aberto e principalmente quando este ser humano utiliza a queima de combustíveis fósseis (liberando dessa forma o CO₂) para a atmosfera. Todas essas ações humanas que favorecem a intensificação de efeito estufa e conseqüente aquecimento global são fatos comprovados cientificamente do poder que o homem tem para modificar (muitas vezes para pior) o ambiente natural.

Em contra-partida o aquecimento global também é provocado de maneira natural. Por exemplo: na respiração, os mais diversos animais aeróbicos (animais em geral) utilizam o O₂ presente no ar e liberam CO₂ para a atmosfera. O CO₂ como se sabe é um gás de efeito estufa. Bovinos por exemplo libera (sic) no ato da flatulência (sic) o metano (CH₄) para a atmosfera. As erupções vulcânicas também liberam muitos gases que contribuem para a intensificação do efeito estufa e conseqüente aquecimento global. Outro fator natural importantíssimo para o aquecimento global é a questão da radiação solar que de tempos em tempos aumenta de intensidade, provocando dessa forma o aumento da temperatura na terra (sic).

É importante salientar que realmente, o ser humano se destaca em relação aos outros seres vivos como agente influenciador do clima na Terra devido a sua intensidade de realizar suas ações (diversas vezes de forma exagerada). Trabalhando-se com a visão de que o planeta Terra é um sistema pode-se dizer que inevitavelmente os seres vivos que aqui residem modificam o seu meio ambiente e também são modificados por ele. Por exemplo, as plantas que penetram suas raízes no solo e coexistem com bactérias simbiotes, modificam aquele solo, elas também são modificados pela natureza na medida em que por exemplo (sic) dependem da luz solar para produzir seu próprio alimento (através da fotossíntese).

O ser humano, como já dito anteriormente, modifica e muito o seu ambiente, obviamente, algumas vezes de forma exagerada e desnecessária. Por isso, o ser humano deve criar consciência de que ele pode usar a natureza a seu favor mas (sic) deve para isso utilizar de maneira controlada para que não venha a destruir o sensível equilíbrio existente na Terra.

A Terra como um sistema, propicia a todos os seres que nela vivem em equilíbrio (homeostase) muito sensível e que tende a manter sempre condições ótimas (propícias) à vida na Terra. Esse equilíbrio pode ser facilmente perturbado pois (sic) de uma maneira simples tudo o que existe neste planeta está interligado de alguma forma.

O ser humano como todo ser vivo residente (sic) neste planeta é modificado pelo ambiente e também o modifica. (Estudante 10, Turma 2).

Foram incluídas 37 respostas na categoria ‘Reconhecimento da controvérsia sobre o aquecimento global’, o que equivale a 77,1% do total. Inicialmente, considerando que o enunciado da questão já traz a controvérsia a respeito das causas apontadas por diferentes cientistas, não pensamos em incluir uma categoria deste tipo, mas, após as primeiras leituras, observamos que nem todas as respostas faziam referência ao debate, não obstante o enunciado. Apesar do valor significativo de 77,1% das respostas, o esperado era que todos os estudantes reconhecessem a controvérsia, já que foi um dos principais temas da unidade didática.

De forma semelhante, por já termos citado a indicação tanto de causas naturais quanto de antrópicas no enunciado da questão, não pensamos em retomar as categorias relativas aos tipos de causas na análise da segunda questão discursiva. No entanto, percebemos que, mesmo nas respostas que reconheceram a controvérsia discutida acima, os estudantes frequentemente indicaram tipos de causas responsáveis pelo aquecimento global, de forma muito semelhante às respostas da primeira questão discursiva, quando a grande maioria não reconheceu o debate existente. Além disso, consideramos necessário compatibilizar as categorias obtidas na análise da primeira e da segunda questões, apesar de terem sido diferentes, de modo a fazer comparações. Dessa forma, foram identificadas 24 respostas que apontaram causas naturais e causas antrópicas para o aquecimento, totalizando 50% das respostas; 23 respostas (47,9%), apesar de a maior parte delas ter reconhecido a controvérsia sobre as causas, consideraram que o aquecimento global é produto de causas naturais potencializadas por ações antrópicas; e uma resposta apenas apontou, ainda, para causas exclusivamente antrópicas, apesar de também ter reconhecido a existência da controvérsia. Comparando a análise da primeira questão discursiva com esta aqui apresentada, consideramos que houve uma melhora na compreensão do fenômeno do aquecimento global pelos estudantes, na medida em que houve grande reconhecimento do debate científico acerca deste fenômeno, juntamente com a diminuição da indicação de causas principal ou exclusivamente antrópicas e o aumento das referências aos dois tipos de causas – naturais e antrópicas – como estando possivelmente envolvidas no fenômeno.

Para ilustrar a categorização, apresentamos as respostas a seguir. Primeiro, temos uma resposta que apresenta conteúdos das aulas, reconhece a controvérsia sobre o aquecimento global e aponta causas naturais e antrópicas para o aquecimento:

Um dos principais debates no meio científico é a respeito das causas do fenômeno do aquecimento global. Os que apontam causas antrópicas como as principais para a ocorrência do fenômeno do aquecimento global, argumentam que são evidenciadas alterações das condições climáticas a partir da Revolução Industrial, época em que a humanidade passou a emitir enormes quantidades de gases do efeito estufa (principalmente CO₂) na atmosfera, por conta da queima de combustíveis fósseis nos processos industriais. Esses argumentos são baseados em evidências das alterações das taxas dos gases atmosféricos medidos em bolhas de ar presas no gelo polar, aferidas por cortes desse gelo onde pode-se estudar a atmosfera de muitos anos passados, sendo esse um dos principais argumentos de quem aponta causas antrópicas como as principais para a ocorrência do aquecimento do planeta, já que evidencia alterações em um dos sistemas mais importantes para a estabilidade da temperatura global, o sistema atmosférico.

Do outro lado do debate estão os que apontam causas naturais como as principais para a ocorrência do fenômeno do aquecimento global. Esses argumentam que o planeta Terra passa, naturalmente, por ciclos de alterações climáticas geradas por diversas causas das alterações nas taxas dos gases

atmosféricos, como atividades vulcânicas, oscilações da radiação solar por distanciamento e inclinações da Terra em relação ao Sol e até mesmo alterações nas condições climáticas globais por influência de mecanismos e metabólitos de sistemas vivos, argumentos embasados em estudos das condições atmosféricas desde a formação da Terra. (Estudante 13, Turma 1)

A seguir, apresentamos uma resposta que apresenta conteúdo das aulas e reconhece a controvérsia a respeito do aquecimento global, mas indica que as causas são naturais e potencializadas pelas ações antrópicas:

A Terra vem sofrendo mudanças constantes e esse conjunto de mudanças traz grandes consequências que afetam diretamente a manutenção da vida nesse planeta. Uma delas é o aquecimento global; muitos cientistas apontam causas naturais para a ocorrência desse fenômeno climático e apóiam a idéia de que a Terra sempre sofreu mudanças, dentre elas, climáticas, desde a sua formação e que sempre houve uma adaptação natural às necessidades dos organismos existentes e da própria Terra e que o aquecimento global dentre as outras mudanças faria parte desse processo no qual a Terra provavelmente se adaptaria e se auto-regularia para produzir as condições necessárias para manter-se em equilíbrio. No entanto, muitos estudiosos afirmam que o aquecimento global, como todas as outras mudanças que afetam a vida no planeta são ocasionadas (sic) por ações antrópicas, é o caso do cientista James Lovelock, que afirma que todos os organismos contribuem para as mudanças, no entanto, esse processo acelerado, devido a (sic) ação humana, que não visualiza o sistema terrestre como um todo, onde todas as ações afetam os diversos ciclos naturais e podem trazer grandes consequências a todos, (sic) J. Lovelock propôs esse principio (sic) através da Teoria Gaia, onde trata a Terra como um sistema cibernético fechado em que as ações contíguas revelam-se em um feedback que pode ser tanto positivo, quanto negativo. (Estudante 01, Turma 1)

A única resposta que indicou causas exclusivamente antrópicas para o aquecimento está apresentada a seguir e se caracteriza também pelo reconhecimento da controvérsia sobre o aquecimento global e pela abordagem catastrofista:

O fenômeno do aquecimento global tem se agravado nos últimos anos, várias causas apontam esse fenômeno como as antrópicas e naturais (sic).

As causas antrópicas, dentre elas podemos citar como consequência da falta de consciência, o desmatamento, a grande produção de lixo, o aumento do número de automóveis circulantes pelas cidades liberando CO₂ na atmosfera entre outros gases como o metano, CFC. Como consequência temos o efeito estufa, os gases ficam retidos pois (sic) alguns deles bloqueiam a passagem desses gases com esse aquecimento ocorre o degelo das calotas polares e sérias inundações.

A teoria de Gaia “vê” o planeta como um sistema homotermico (sic) porém estamos alterando demais alguns ciclos que desequilibram esse sistema chegando a se tornar irreversível e o limite é a nossa consciência.

A terra (sic) como sistema semi-aberto onde alteração deriva de um fator desencadeia sérios problemas. (Estudante 04, Turma 2)

Podemos destacar ainda que, na resposta apresentada acima, o estudante menciona a teoria Gaia, mas de forma equivocada, fazendo referência a um sistema homotérmico, provavelmente querendo se referir a um sistema homeostático.

A categoria ‘Explicação sistêmica’, contrariando as expectativas, em vista do destaque dado a este tipo de explicação na unidade didática, incluiu apenas sete respostas (14,6%). Apesar de o enunciado da questão solicitar que as causas defendidas pelos dois campos de estudos fossem explicadas de forma sistêmica, a maioria dos estudantes não o fez. Muitas vezes a visão sistêmica é mencionada, mas apenas através da referência à teoria Gaia e, com menor frequência, à CST. Outras vezes, identificamos tentativas de formulação de explicações sistêmicas, mas que não foram suficientemente desenvolvidas. Dessa forma, a análise das respostas da segunda questão discursiva sugere que a visão sistêmica do planeta não ficou bem compreendida, a ponto de permitir que os estudantes elaborassem explicações consistentes a seu respeito, apesar de considerarmos que o entendimento sistêmico foi estimulado pela intervenção e que pode ser melhor desenvolvido no decorrer da graduação que estão cursando.

Os trechos abaixo trazem exemplos de explicações sistêmicas:

[...] Tendo como ponto de partida a visão sistêmica da Terra, podemos entender o porque (sic) dessas divergências de opiniões: a alteração de um fator leva à alteração de outro. Se o efeito estufa está sendo intensificado, a quantidade de calor retida pelo planeta irá aumentar, aquecendo ainda mais o planeta, os oceanos, aumento o (sic) derretimento das geleiras (sic) que implica da (sic) redução do albedo terrestre, diminuindo a reflexão dos raios solares e, de forma cíclica, aumentando a temperatura da Terra. (Estudante 15, Turma 2)

[...] Como causa antrópica, há o argumento que o aquecimento global varia com o aumento de CO₂ na atmosfera, e que o desmatamento, emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis contribua para o aumento de CO₂ na atmosfera, como um gás estufa, o CO₂ vai intensificar o efeito estufa, aumentando a temperatura do planeta. O aumento da temperatura forma ciclos de retroalimentação positiva, ou seja, a tendência seria aumentar ainda mais a temperatura com a crescente emissão de CO₂. O desmatamento contribuiria diminuindo a absorção de CO₂, influenciando no ciclo do carbono absorvido pelas plantas. (Estudante 20, Turma 2)

Foram incluídas na categoria ‘Confusão entre os diferentes temas trabalhados’ nove respostas (18,7%). As confusões identificadas foram de diversos tipos, como o estabelecimento de uma relação direta entre as idéias defendidas a respeito de causas naturais para o aquecimento global e a teoria Gaia, como ilustra o exemplo a seguir:

A defesa de que o aquecimento global é causado pelas causas naturais defende a idéia de que todo organismo altera seu meio, mas com limites. Logo a teoria de Gaia está incluída nessa visão de que a terra (sic) sofre mudanças mas ela é capaz de se autoregular (sic), entretanto, se os limites da alteração do meio influenciadas pelos organismos forem ultrapassados a terra (sic) pode responder com catastróficas conseqüências, principalmente como o

aumento da temperatura da terra (sic), levando a uma possível extinção em massa. [...]. (Estudante 06, Turma 2)

Quanto aos tipos de abordagem do aquecimento global, encontramos seis respostas que associamos à abordagem socioeconômica (12,5%) e quatro respostas que relacionamos à abordagem catastrofista (8,3%). Como exemplo, apresentamos o trecho de uma resposta abaixo, que apresenta as duas categorias:

[...] Já segundo aqueles que aceitam que o aquecimento global tem causas antrópicas, os seres vivos, e entre estes destaca-se o homem, é que tem (sic) explorado e submetido demais a Terra a diversos fatores resultantes da sua busca pelo consumo e bem-estar, como poluição em massa, dejetos e materiais pesados descartados inadequadamente, dentre outros. Esses afirmam que nós é que superaquecemos o planeta, aumentando a emissão de gases do efeito estufa e degradando a Biosfera. Podem apoiar-se na visão da teoria CST, segundo a qual a Terra não é viva, não podendo portanto auto-destruir-se (sic).

O debate persiste, porém, é válido ressaltar que, sejam quais forem as causas, o aquecimento global é um problema real e urgente, e que precisa ser tratado com seriedade e rapidez, a fim de evitar consequências piores e devastadoras. (Estudante 09, Turma 1)

Por fim, voltamos a identificar o problema conceitual a respeito da confusão entre o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio em uma das respostas e, apesar de ter sido tão pequena a permanência do problema, avaliamos que a distinção entre a ação dos clorofluorcarbonos, enquanto gases de efeito estufa, e sua ação na destruição da camada de ozônio deve ser feita, explicitamente, durante as aulas da unidade didática.

A análise das respostas à segunda questão discursiva apontou diversos limites na unidade didática. Como exemplo, devido à confusão causada em alguns estudantes, poderíamos apontar a grande quantidade de conteúdos incluídos e a sequência em que os mesmos foram abordados. Mas também consideramos, a partir da avaliação da própria unidade didática, a possibilidade de outros motivos para tais confusões, além da deficiência verificada na aprendizagem do funcionamento sistêmico do planeta, como a falta de leitura do material didático que foi distribuído entre os estudantes. Como pode ser visto no **Apêndice E**, a unidade didática, resumidamente, seguiu o seguinte percurso: primeiro, trata da crise ambiental, com foco no aquecimento global; a partir do aquecimento global, aborda o debate científico a respeito de suas causas, o que proporciona que se trate da natureza da ciência, mostrando o processo de construção do conhecimento científico, e que seja mostrado que não existe, neste momento, um entendimento claro sobre a questão; como tentativa de melhorar esse entendimento, a

partir da compreensão do funcionamento da Terra, é introduzida uma visão sistêmica do planeta. Ou seja, a visão sistêmica é utilizada, no contexto da unidade didática, como tentativa de suscitar uma melhor compreensão da Terra, do aquecimento global e do debate científico a seu respeito. Desse modo, a expectativa é de que os estudantes possam chegar às suas próprias conclusões. Quando foram solicitadas, na questão da prova, explicações para as causas apontadas pelos dois lados do debate a partir da visão sistêmica, pretendia-se que os estudantes exercitassem seu senso crítico e usassem o conhecimento construído nas aulas para elaborar as explicações. Mas, como vimos, apenas sete respostas apresentaram uma explicação satisfatória.

Sabemos que, além do momento das aulas, os estudantes precisavam estudar o material fornecido a eles para leitura, para que tomassem conhecimento de todo o conteúdo que intencionamos que aprendessem. Mas, a partir da experiência de campo, em sala de aula, podemos avaliar que é provável que nem todos os estudantes tenham lido o material didático, considerando as particularidades do caso descritas a seguir: a terceira prova, na qual foi incluída a nossa questão discursiva, era a última do semestre, ou seja, já estávamos no final do semestre, com a típica situação de que todas as disciplinas estavam realizando avaliação praticamente ao mesmo tempo; e grande parte dos estudantes não se saiu bem nas duas primeiras avaliações e precisava recuperar a nota nesta terceira prova, que incluía quatro temas complexos: Evolução, a teoria da Endossimbiose Seriada, Metabolismo e Ecologia. Por isso, com base no que foi observado em sala de aula, acreditamos que os temas Evolução e Metabolismo tenham ganhado mais atenção na hora de estudarem para a disciplina Biologia Geral e, assim, nem todos os alunos devem ter lido e estudado o material que lhes foi fornecido. Dessa forma, concluímos que é importante que se faça uma reavaliação sobre o momento da aplicação desta questão discursiva, bem como da quantidade de conteúdos e de sua sequência na unidade didática. Além disso, alterando a unidade didática com a inclusão de um momento de leitura do material didático em sala de aula, pode melhorar esta dificuldade identificada.

De forma geral, as respostas dos estudantes continuaram dando grande ênfase às causas antrópicas, como vimos na discussão da categoria ‘Causas naturais potencializadas por ações antrópicas’. Uma das intenções, ao trabalharmos o debate existente sobre as causas do fenômeno, além de tratarmos da natureza da própria ciência e de abordarmos o conteúdo de forma sistêmica, foi de chamar a atenção para o modo como a mídia, neste caso, trata massivamente de apenas uma parte do conhecimento

científico produzido. Este resultado pode ter ocorrido devido ao fato de que, em nossa avaliação, o posicionamento que defende que o aquecimento global não foi causado por ações da humanidade, mas sim por fatores naturais, não foi bem explorado durante as aulas, como havia sido planejado.

Dessa forma, como indicação de modificações na unidade didática, concluímos que é importante que seja dada mais atenção à defesa das causas naturais para o aquecimento global durante as aulas, que seja feita mais explicitamente a distinção entre o efeito estufa e a redução da camada de ozônio e que sejam reavaliados tanto o momento da aplicação desta segunda questão discursiva quanto a quantidade dos conteúdos e a forma como estão sequenciados na unidade didática.

8. Reaplicação do questionário de relatos de atitudes ambientalmente responsáveis

São apresentados, nesta seção, os resultados obtidos na reaplicação do questionário de múltipla escolha, que ocorreu cerca de oito meses após as aulas da unidade didática e cerca de nove meses após a primeira aplicação. Os dados coletados podem mostrar, portanto, resultados de aprendizagem dos estudantes, na medida em que estamos sondando como mobilizam suas memórias de longo termo acerca do que foi estudado na unidade didática.

Da mesma forma como foi feito para os resultados da aplicação anterior (Seção 5), as análises são apresentadas de acordo com os quatro grupos de variáveis latentes existentes no instrumento. As tabelas que apresentam os resultados em percentuais exibem as proposições arrumadas na mesma ordem que as tabelas da seção anterior, para facilitar a comparação dos dados.

8.1 Responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas

A Tabela 5 apresenta os valores das freqüências relativas, em percentual, das respostas dos estudantes para esta primeira variável, e as análises são feitas através de sua comparação com os resultados obtidos na primeira aplicação do questionário.

Na questão Q.11, a maioria continua a concordar totalmente (69,6%) e parcialmente (13%) com a proposição de que, mesmo não se tendo certeza das causas do aquecimento global, medidas urgentes devem ser tomadas para evitar uma catástrofe, apesar de terem diminuído as marcações na opção ‘Concordo totalmente’. Notamos a existência de uma marcação (4,3%) no campo ‘Não concordo nem discordo’, que não

possuiu nenhuma marcação na aplicação anterior, e um aumento de 2,2% para 13% (o que corresponde a três estudantes) na opção ‘Discordo parcialmente’. Em termos do planejamento da unidade didática, foi pretendido que estas respostas, mostrando mudanças de atitude ou não, tenham sido dadas com mais embasamento, tendo menor influência do estereótipo do estudante de biologia ambientalista, que consideramos ter sido bem significativa na primeira aplicação. Afinal, como discutimos na análise das respostas à questão discursiva que foi aplicada antes das aulas, os estudantes, em geral, não tinham conhecimento do debate acerca das causas do aquecimento global e, sendo assim, não poderiam ter respondido a questão Q.11 com grande convicção, ao contrário do que podemos admitir para as respostas desta segunda aplicação do questionário de múltipla escolha, quando já passaram pela unidade didática, com os conteúdos nela incluídos.

Na análise anterior para a questão Q.1, afirmamos que o alto nível de concordância encontrado, de 97,9%, incluindo marcações em ‘Concordo totalmente’ e ‘Concordo parcialmente’, poderia indicar que a grande maioria dos estudantes entendia a crise ambiental como causada por ações antrópicas. Essa interpretação foi reforçada com a análise das respostas da questão discursiva anterior às aulas, nas quais, a grande maioria dos estudantes apontou para causas antrópicas como causadoras do aquecimento global, fenômeno fortemente associado à percepção contemporânea da crise ambiental. Nesta segunda aplicação do questionário, apesar de termos tratado, nas aulas da unidade didática, também de argumentos que defendem que o aquecimento global teria sido causado por fatores naturais e não antrópicos, as respostas indicam que a opinião dos estudantes não foi alterada, já que temos agora 100% de concordância, em algum grau, com a afirmação de que nós, seres humanos, somos responsáveis pela atual crise ambiental em nossas ações cotidianas. Comparando com os dados das respostas da segunda questão discursiva, podemos inferir que os estudantes, nesta questão Q.1, não levaram em conta a controvérsia sobre as causas do aquecimento global. Isso porque, para a questão discursiva, os estudantes continuaram a enfatizar as ações antrópicas, em detrimento dos fatores naturais, apesar de terem, em sua grande parte, reconhecido o debate sobre as causas.

Tabela 5: Distribuição das frequências relativas sobre o relato discente acerca da responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas (2ª aplicação).

	Proposição	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.11	Mesmo não tendo certeza das causas do aquecimento global, é preciso que medidas urgentes sejam tomadas para que uma catástrofe seja evitada.	69,6%	13%	4,3%	13%	-
Q.1	Em nossas ações cotidianas, somos responsáveis pela atual crise ambiental.	72,7%	27,3%	-	-	-
Q.18	Os produtos que degradam em excesso o meio ambiente durante o seu processo de produção, durante o seu consumo ou no seu descarte devem ser fortemente tributados pelo governo.	57,1%	33,3%	9,5%	-	-
Q.40	Eu tenho conhecimento de qual bioma é predominante na região em que vivo.	47,8%	26,1%	8,7%	8,7%	8,7%
Q.41	Eu evito consumir produtos com muita embalagem por acreditar que atitudes individuais sejam importantes no enfrentamento da crise ambiental.	39,1%	30,4%	13%	8,7%	8,70%
Q.15	Na escolha dos meus candidatos em eleições, eu levo em conta as suas propostas para a política ambiental.	60,9%	26,1%	13%	-	-
Q.21	É difícil encontrar produtos ambientalmente responsáveis para compra.	30,4%	43,5%	-	17,4%	8,7%
Q.25	Eu incentivo minha família, vizinhos e amigos a utilizarem produtos que causam menor degradação ambiental.	39,1%	34,8%	21,7%	-	4,30%
Q.37	Eu tenho conhecimento de qual rio abastece de água a minha cidade.	21,7%	17,4%	-	17,4%	43,5%
Q.7	Eu procuro comprar produtos ecologicamente responsáveis.	4,5%	59,1%	13,6%	18,2%	4,5%
Q.39	Eu faço parte de algum tipo de organização da sociedade civil que atua na área socioambiental.	13%	4,3%	17,4%	13%	52,2%
Q.2	Acho impossível vivermos sem o uso do petróleo para geração de energia.	9,1%	9,1%	18,2%	18,2%	45,5%
Q.32	Eu não me preocupo em saber de onde vêm, como são feitos e como são descartados os produtos que eu consumo.	-	17,4%	17,4%	26,1%	39,1%
Q.3	Reverter os problemas ambientais é responsabilidade do governo.	-	27,3%	4,5%	50%	18,2%
Q.4	De modo geral, usar produtos “ecologicamente corretos” não tem efeito significativo para a conservação dos recursos naturais.	-	9,1%	4,5%	31,8%	54,5%
Q.10	As empresas devem colocar sempre os lucros antes das questões ambientais.	-	-	4,5%	4,5%	90,9%
Q.19	Não acredito em atitudes individuais, como deixar o carro em casa e utilizar o transporte público, para ajudar a combater o aquecimento global.	-	13%	-	13%	73,9%

A questão Q.18 apresentou aumento das marcações de concordância com a proposição “Os produtos que degradam em excesso o meio ambiente durante o seu

processo de produção, durante o seu consumo ou no seu descarte devem ser fortemente tributados pelo governo”, passando de 43,2% para 57,1% de concordância total e de 22,7% para 33,3% de concordância parcial. O campo ‘Não concordo nem discordo’, que possuiu 20,5% na primeira aplicação, teve redução para 9,5% e nenhuma marcação nos dois campos discordantes. Assim, a unidade didática parece ter sido bem sucedida na promoção de uma das aprendizagens pretendidas, a saber, sobre a relação econômica entre produção e/ou consumo e/ou descarte de um produto que causa muita degradação ambiental, impondo custos a toda a sociedade, através dos gastos que recaem sobre os poderes públicos.

As questões Q.40 e Q.37 são, novamente, analisadas em conjunto, por tratarem do conhecimento de fatores importantes do ambiente em que vivemos, no caso, o bioma predominante e o rio que abastece a nossa cidade. Este conhecimento, como colocado anteriormente, pode refletir o grau de envolvimento dos estudantes com as questões. Na segunda aplicação do questionário, registramos um aumento de 39,1% para 47,8% de concordância total com a proposição da questão Q.40, o que indica maior conhecimento do bioma predominante na região de Salvador, onde todos os estudantes que responderam residem atualmente. Tendo em vista que este não foi um assunto tratado na unidade didática, isso pode sugerir que os estudantes buscaram obter uma informação que não possuíam, mas também não podemos esquecer que são estudantes de um curso de Ciências Biológicas e que, na época da segunda aplicação do questionário, já estavam cursando o terceiro semestre, o que aumenta muito as chances de terem tomado conhecimento do tipo de bioma em que estamos inseridos, durante as atividades normais do curso. No caso da questão Q.37, só foram registrados aumentos nos campos ‘Concordo parcialmente’ e ‘Discordo parcialmente’, que passaram, respectivamente, de 8,9% para 17,4 % e de 11,1% para os mesmos 17,4%, mas que não se apresentam como aumentos significativos; e a porcentagem de marcações na opção ‘Discordo totalmente’, que significa o total desconhecimento do rio que abastece a cidade onde se vive, permaneceu praticamente a mesma: 44,4% na primeira aplicação e 43,5% na segunda. Portanto, as respostas para as questões Q.40 e Q.37 sugerem que não houve substancial mudança de atitude por parte dos estudantes, que continuaram exibindo pouca conscientização a respeito do ambiente da cidade onde vivem.

Na questão Q.41, que afirma “Eu evito consumir produtos com muita embalagem por acreditar que atitudes individuais sejam importantes no enfrentamento da crise ambiental”, não foram registradas alterações expressivas nas porcentagens das

marcações. Em todas as cinco alternativas, os valores permaneceram praticamente os mesmos. Tendo em vista que identificamos um erro em sua formulação, como já discutimos, relativo à existência de duas afirmativas, não iremos considerar os dados coletados por seu intermédio para a avaliação final da comparação entre as duas aplicações e, logo, dos resultados da unidade didática.

Na questão Q.15, temos um resultado interessante, considerando o período eleitoral que terminamos de viver no Brasil. Para a proposição “Na escolha dos meus candidatos em eleições, eu levo em conta as suas propostas para a política ambiental”, observamos um aumento significativo de 32,6% para 60,9% das marcações em ‘Concordo totalmente’, além da redução para zero das marcações nos campos de discordância. Aqui, temos uma boa indicação de que, talvez, tenhamos conseguido chamar a atenção dos estudantes para a importância de atitudes políticas no enfrentamento das questões ambientais, um dos objetivos de aprendizagem assumidos no planejamento da unidade didática.

A questão Q.19 apresentou a maior parte das marcações (73,9%) na opção ‘Discordo totalmente’, para a proposição “Não acredito em atitudes individuais, como deixar o carro em casa e utilizar o transporte público, para ajudar a combater o aquecimento global”. Na aplicação anterior, estas marcações chegaram a 63% e, novamente, podemos reforçar a idéia de que os estudantes atribuem às práticas mais cotidianas dos seres humanos grande parte da responsabilidade pelo aquecimento do planeta Terra, não obstante a ênfase em causas antrópicas, por vezes relativas a atitudes sociopolíticas, nas respostas às questões discursivas. O que parece é que a ação antrópica é por eles entendida, sobretudo, em termos individuais, e não através de alguma relação com sistemas sociopolíticos e econômicos.

A questão Q.21, que afirma ser difícil encontrar produtos ambientalmente responsáveis para compra, mostrou pouca variação das respostas entre as duas aplicações do questionário. Houve uma leve redução nas opções de concordância, de 86,9% para 73,9%, mas, de modo geral, não é possível identificar alguma indicação de mudança de atitude a respeito dos hábitos de consumo. O mesmo foi observado nas questões Q.25, Q.7, Q.39, Q.2, Q.32, Q.3, Q.4 e Q.10, nas quais as pequenas diferenças apresentadas entre os resultados das duas aplicações também não possibilitam o reconhecimento de mudanças de atitudes, pelo menos da forma como o nosso instrumento de coleta permite que se faça.

De forma geral, os resultados obtidos para esta variável latente, através da análise dos dados das duas aplicações do questionário, indicam atitudes ambientalmente responsáveis entre os estudantes, com grande ênfase nas ações individuais e cotidianas. Em relação à unidade didática, não foram identificadas, na maioria das questões, diferenças significativas na forma como os estudantes relataram suas atitudes e práticas frente às questões ambientais, cerca de oito meses após a realização da unidade didática que elaboramos. Em algumas questões, contudo, houve mudanças significativas, como o reconhecimento da importância das atitudes políticas no enfrentamento da problemática ambiental, demonstrado pelas marcações na questão Q.15; e da importância das relações econômicas entre a produção e/ou consumo e/ou descarte dos produtos que utilizamos, como vimos na análise da questão Q.18.

8.2 Entendimento do funcionamento do planeta Terra: sistêmico ou fragmentado

A Tabela 6 apresenta os valores das frequências relativas, em percentual, das respostas dos estudantes para a segunda variável, referente ao entendimento sobre o funcionamento da Terra.

A questão Q.43, da mesma forma que na primeira aplicação do questionário, apresenta grande quantidade de marcações no campo ‘Concordo totalmente’ (91,3%), o que sugere o entendimento das relações existentes entre os ambientes naturais com a manutenção da própria vida na Terra.

De forma similar, a questão Q.13, que afirma que a conservação da diversidade biológica é fundamental no enfrentamento da crise ambiental atual, manteve o alto valor de concordância registrada na aplicação anterior, com ligeiro aumento no campo ‘Concordo totalmente’, de 82,6% para 87%. No entanto, ela também apresentou 8,7% das respostas no campo ‘Discordo parcialmente’ que, junto com a opção ‘Discordo totalmente’, não receberam marcações na coleta anterior.

Tabela 6: Distribuição das frequências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca do funcionamento do planeta: sistêmico ou fragmentado (2ª aplicação).

	Proposição	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.4 3	A destruição dos ambientes naturais é prejudicial à manutenção da vida em nosso planeta.	91,3%	4,3%	-	-	4,3
Q.1 6	O uso de fontes alternativas de geração de energia é importante para o momento de crise que enfrentamos.	87%	13%	-	-	-
Q.1 3	A conservação da diversidade biológica é fundamental no enfrentamento da crise ambiental atual.	87%	4,3%	-	8,7%	-
Q.1 4	Eu entendo o planeta de forma sistêmica, ou seja, como um sistema único de interações.	87%	13%	-	-	-
Q.3 0	Existe uma relação muito estreita entre os desmatamentos e o aquecimento global.	60,9%	13%	8,7%	4,3%	13%
Q.2 8	Até mesmo a nossa alimentação, quando escolhermos quais produtos vamos consumir, tem relação com as questões sobre degradação ambiental.	82,6%	17,4%	-	-	-
Q.8	A agricultura baseada em monoculturas é prejudicial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.	66,7%	14,3%	4,8%	4,8%	9,5%
Q.3 4	Eu evito consumir carnes (bovinas, suínas, de aves e camarões) porque as suas formas de produção, em geral, causam grande degradação ambiental.	8,7%	8,7%	4,3%	30,4%	47,8%
Q.2 2	Não acredito que a Terra tenha capacidade de auto-regular as suas condições climáticas e químicas.	-	13,6%	4,5%	31,8%	50%
Q.4 2	É impossível que a vida sobre a Terra seja eliminada por causa de problemas ambientais.	4,3%	4,3%	-	8,7%	82,6%
Q.3 3	A substituição de ambientes naturais por áreas cultivadas é uma boa solução para os problemas ambientais, pois as áreas continuam vegetadas.	-	13,6%	4,5%	9,1%	72,7%
Q.3 1	A extinção de espécies animais, como baleias ou tamanduás, ou vegetais, como o cedro ou o angico, não causa nenhum prejuízo à vida, de forma geral.	4,3%	-	-	4,3%	91,3%

Para a questão Q.14, que afirma “Eu entendo o planeta de forma sistêmica, ou seja, como um sistema único de interações”, registrou-se um aumento significativo de concordância total, de 69,8% na primeira aplicação, para 87% na segunda, além de ter sido reduzido para zero o número de estudantes que se colocaram como indiferentes à questão.

As questões Q.28, Q.8, Q.22, Q.42, Q.33 e Q.31, por sua vez, apresentaram, todas, diferenças relevantes nas respostas. Na questão Q.28 (“Até mesmo a nossa

alimentação, quando escolhermos quais produtos vamos consumir, tem relação com as questões sobre degradação ambiental”), houve um aumento de 52,2% para 82,6% nas marcações no campo ‘Concordo totalmente’, o que sugere o melhor entendimento das relações existentes entre o nosso consumo e a degradação ambiental.

Na questão Q.8 (A agricultura baseada em monoculturas é prejudicial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos), também houve aumento para as marcações de concordância total, subindo de 41,9% para 66,7% nas duas aplicações. Este resultado pode indicar que os estudantes melhoraram o entendimento dos ciclos biogeoquímicos e das suas relações com práticas como a monocultura. Por sua vez, a questão Q.22 (Não acredito que a Terra tenha capacidade de auto-regular as suas condições climáticas e químicas) apresentou elevação no valor de discordância total, que passou de 32,6% para 50%, indicando que metade dos estudantes acredita que o planeta possui a capacidade de auto-regulação.

Para a questão Q.42 (É impossível que a vida sobre a Terra seja eliminada por causa de problemas ambientais), também foi registrado aumento das marcações de discordância total, passando de 58,7% para 82,6%, sugerindo que os estudantes reconhecem que problemas ambientais podem gerar consequências graves para a vida na Terra. A questão Q.33 (A substituição de ambientes naturais por áreas cultivadas é uma boa solução para os problemas ambientais, pois as áreas continuam vegetadas) também apresenta um aumento das marcações no mesmo campo, subindo de 58,7% para 72,7% de discordância total. E, por último, na questão Q.31 (A extinção de espécies animais, como baleias ou tamanduás, ou vegetais, como o cedro ou o angico, não causa nenhum prejuízo à vida, de forma geral), registramos o crescimento das marcações em ‘Discordo totalmente’, de 84,8% para 91,3%, o que sugere o reconhecimento de que partes do sistemas podem afetar todo o sistema.

As questões Q.16, Q.30 e Q.34 não apresentaram diferenças significativas entre as respostas das duas aplicações, não havendo, pois, indicativos de mudanças na forma de entendimento sobre o funcionamento da Terra, ao menos na medida em que o instrumento de coleta de dados usado permite detectar.

Assim, a comparação dos resultados da primeira e da segunda aplicação do questionário sugere que a unidade didática cumpriu o seu objetivo geral de melhorar o entendimento da crise ambiental atual a partir dos conhecimentos científicos gerados em pesquisas que se utilizam da visão sistêmica do planeta Terra. Contudo, é importante lembrar que os resultados da segunda questão discursiva mostraram que, quando os

estudantes foram solicitados a escrever sobre o funcionamento sistêmico, não se saíram tão bem quanto aqui, quando as proposições já estavam formuladas. Isso mostra a necessidade de uma maior apropriação, da parte deles, do modo sistêmico de pensar o planeta Terra e a crise ambiental, o que nos sugere a necessidade de aprimorarmos a abordagem de tal tema na unidade didática.

8.3 Posicionamento sobre a relação entre o ser humano e o ambiente natural: antropocentrismo ou ecocentrismo

A Tabela 7 apresenta os valores das freqüências relativas, em percentual, das respostas dos estudantes para a terceira variável. Assim como nas variáveis anteriores, as análises são feitas através de sua comparação com os resultados obtidos com a primeira aplicação do questionário.

Tabela 7: Distribuição das freqüências relativas sobre como os discentes se posicionam sobre a relação entre ser humano e ambiente natural: ecocentrismo ou antropocentrismo (2ª aplicação).

Proposição		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.20	Eu considero que todos os seres vivos possuem o mesmo direito à vida que o ser humano.	87%	4,3%	-	4,3%	4,3%
Q.29	A humanidade está seriamente ameaçada pela atual crise ambiental.	52,2%	26,1%	13%	8,7%	-
Q.27	Eu economizo água no meu dia-a-dia porque tenho medo que eu ou os meus filhos venhamos a sofrer com a sua escassez.	56,5%	30,4%	4,3%	4,3%	4,3%
Q.23	Eu economizo energia elétrica em minha casa por questões financeiras.	26,1%	47,8%	8,7%	13%	4,3%
Q.35	A agricultura baseada em monoculturas e no uso de agrotóxicos deve ser mantida, pois disso depende a sobrevivência da humanidade.	-	-	-	17,4%	82,6%
Q.38	Outros seres vivos podem ser prejudicados pelas mudanças climáticas, mas não o ser humano.	4,3%	-	-	-	95,7%
Q.6	Os benefícios da preservação ambiental não justificam os gastos envolvidos.	-	-	10%	10%	80%
Q.12	A minha renda é mais importante do que as questões ambientais.	-	-	-	47,8%	52,2%

Para a questão Q.20, não foram registradas variações significativas entre os resultados das duas aplicações dos questionários, sendo que a concordância total com a proposição “Eu considero que todos os seres vivos possuem o mesmo direito à vida que

o ser humano” continuou a apresentar a maioria das marcações, com 86,7% nas suas aplicações. Dessa forma, a tendência continua a ser a de um posicionamento ecocêntrico para as turmas trabalhadas. Contudo, diferente da primeira aplicação, houve uma marcação no campo ‘Discordo totalmente’, que indica o claro posicionamento antropocêntrico de um dos estudantes.

Na questão Q.35, que afirma que “A agricultura baseada em monoculturas e no uso de agrotóxicos deve ser mantida, pois disso depende a sobrevivência da humanidade”, a opção ‘Discordo totalmente’ obteve um aumento nas marcações, passando de 60,9% para 82,6%, sugerindo, novamente, o posicionamento ecocêntrico da maior parte dos estudantes. Da mesma forma, a questão Q.6 (“Os benefícios da preservação ambiental não justificam os gastos envolvidos”) teve a quantidade de discordância total aumentada de 68,3% para 80%, além da redução de 14,6% para zero na opção ‘Concordo totalmente’. Além disso, a questão Q.12 (“A minha renda é mais importante do que as questões ambientais”), também registrou aumento nas marcações em ‘Discordo totalmente’, passando de 39,1% para 52,2%, e redução para zero das marcações nos campos ‘Concordo totalmente’ e ‘Não concordo nem discordo’. Desse modo, a unidade didática parece ter aumentado a tendência a posicionamentos ecocêntricos entre os estudantes.

As questões Q.29, Q.27, Q.23 e Q.38 não apresentaram diferenças significativas nas marcações desta segunda aplicação e parte da confusão em relação à percepção dos estudantes permanece com esses resultados, uma vez que as marcações de Q.27 e Q.23 indicam um posicionamento antropocêntrico, mantido nas duas aplicações, enquanto Q.29 e Q.38 mantêm a tendência a um posicionamento ecocêntrico. Por outro lado, este resultado pode também indicar que o posicionamento dos estudantes depende do contexto, já que as duas questões que apontaram para o antropocentrismo são semelhantes (Q.27 e Q.23) e as que apontaram ecocentrismo também são semelhantes (Q.29 e Q.38). Mas esta segunda aplicação do questionário não possibilitou que as dúvidas encontradas com a primeira aplicação fossem completamente resolvidas. Por isso, permanece a avaliação de que, talvez, o número e/ou a qualidade das proposições não tenha sido suficiente para alcançar um nível suficiente de diferenciação entre os posicionamentos ecocêntrico e antropocêntrico, os dados apontam para uma maior tendência ao posicionamento ecocêntrico.

8.4 Entendimento da crise ambiental

Os valores das frequências relativas, em percentual, das respostas dos estudantes para a quarta variável latente são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Distribuição das frequências relativas sobre o entendimento dos discentes acerca da crise ambiental (2ª aplicação).

Proposição		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.17	A crise ambiental que estamos vivendo é um dos maiores problemas da atualidade.	43,5%	34,8%	8,7%	8,7%	4,3%
Q.36	Para a ciência, não existem dúvidas acerca do aquecimento global e de suas causas.	4,3%	13%	4,3%	30,4%	47,8%
Q.26	Eu acredito que a tecnologia avançará a ponto de resolver os problemas ambientais que enfrentamos hoje.	4,3%	39,1%	17,4%	21,7%	17,4%
Q.24	Eu não acredito que os recursos ambientais sejam esgotáveis.	-	-	4,3%	-	95,7%
Q.5	A atual crise ambiental é, frequentemente, exagerada.	4,5%	27,3%	13,6%	27,3%	27,3%
Q.9	Não acho que estejamos diante de uma crise ambiental.	-	-	4,5%	13,6%	81,8%
Q.44	Eu não acredito que o aquecimento global esteja sendo causado por ações antrópicas.	-	-	8,7%	17,4%	73,9%

As questões Q.17 e Q.24 não apresentaram diferenças significativas entre as respostas dadas durante a primeira e a segunda aplicação do questionário, mostrando que a intervenção não alterou a percepção da crise ambiental diante dos aspectos tratados por essas questões.

A questão Q.36 apresentava a proposição “Para a ciência, não existem dúvidas acerca do aquecimento global e de suas causas”, tendo sido observado um aumento das marcações no campo ‘Discordo totalmente’, que passaram de 26,1% para 47,8%. Isso mostra que a unidade didática foi bem sucedida em promover a aprendizagem de um dos assuntos planejados, a compreensão de que as causas do aquecimento global ainda são controversas na comunidade científica. Apenas um estudante (4,3%) respondeu concordar totalmente com esta proposição, que nega a existência do debate científico trabalhado durante a unidade didática.

A questão Q.26 continuou a mostrar a divisão de opiniões entre os estudantes a respeito da proposição “Eu acredito que a tecnologia avançará a ponto de resolver os problemas ambientais que enfrentamos hoje”, apesar da alteração dos valores da opção ‘Concordo parcialmente’, que subiu de 23,9% para 39,1%. Sendo assim, é importante dar mais espaço a esse assunto na unidade didática, colocando em questão a visão

otimista tecnocrática, que vê na tecnologia a solução para que todo e qualquer problema humano, incluindo os problemas ambientais.

Na questão Q.5 (“A atual crise ambiental é, frequentemente, exagerada”), a opção ‘Discordo totalmente’ apresentou redução das marcações, passando de 41,3% para 27,3%, o que sugere que a visão catastrofista da crise ambiental foi reduzida entre os estudantes. Essa idéia é reforçada pelos dados das respostas às questões discursivas, que apresentaram redução da frequência da categoria ‘abordagem catastrofista’, de 15,2% na primeira questão para 8,3% na segunda. Os outros campos não apresentaram grandes variações, mas houve uma marcação em ‘Concordo totalmente’, que não havia recebido nenhuma marcação na aplicação anterior. Acreditamos que esta mudança de opinião a respeito de exageros no tratamento da crise ambiental pode ter sido devido à comparação, na unidade didática, entre o conhecimento científico disponível e a forma como, de modo geral, o tema é tratado pelos meios de comunicação.

Dentre as questões desta variável, a Q.9 foi a que mais se destacou em relação às diferenças entre as duas aplicações. Na primeira aplicação, 86,4% dos estudantes responderam que discordavam parcialmente da proposição “Não acho que estejamos diante de uma crise ambiental”, nenhuma marcação foi feita em ‘Concordo totalmente’ nem em ‘Discordo totalmente’, além de 11,4% terem se posicionado como indiferentes à questão. Já nesta segunda aplicação, 81,8% dos estudantes disseram discordar totalmente da proposição, reduzindo para 4,5% as marcações em ‘Não concordo nem discordo’. Na primeira análise, discutimos que os resultados apontavam para dúvidas sobre a existência da crise ambiental, por ter a grande maioria discordado parcialmente e não totalmente, além da menor parte que se mostrou indiferente. Agora, a partir da comparação com os novos dados, podemos afirmar que os estudantes se posicionaram com muito mais convicção a respeito da existência da crise ambiental.

Por fim, a questão Q.44, apesar de não ter apresentado variações importantes entre a primeira e a segunda aplicações, vem confirmar a primeira análise de que os estudantes atribuem as causas do aquecimento global majoritariamente às ações antrópicas, o que também foi confirmado pelas respostas dadas às duas questões discursivas, como discutido acima.

Para finalizar as nossas comparações, terminamos com a análise geral das marcações no campo ‘Não concordo nem discordo’. Como colocam Schreiner e Sjøberg (2004) e Pagan (2009), a marcação da resposta na opção neutra pode significar apenas a escolha pelo ponto intermediário da escala de respostas, mas pode revelar também a

falta de conhecimento sobre o tema questionado, a recusa em dar uma resposta ou até a falta de motivação do respondente. Na primeira aplicação, destacamos o grande número de questões que não obtiveram marcações neste campo (Q.1, Q.11, Q.16, Q.24, Q.29, Q.31, Q.38, Q.42, Q.43 e Q.44), o que sugere que as questões foram analisadas com cuidado e respondidas com seriedade, além de revelar que as questões se mostraram importantes para os estudantes, que não se mostraram indiferentes a elas. Nesta segunda aplicação, as seguintes questões não apresentaram marcações na opção ‘Não concordo nem discordo’: Q.1, Q.12, Q.13, Q.14, Q.16, Q.19, Q.20, Q.21, Q.28, Q.31, Q.35, Q.37, Q.38, Q.42 e Q.43. Como aumentou o número de questões com posicionamentos mais definidos por parte dos estudantes, podemos considerar que a unidade didática, ao propiciar o melhor entendimento dos temas trabalhados, pode ter cumprido o seu objetivo de melhorar a conscientização ambiental dos estudantes.

Entre as questões que, na primeira aplicação, receberam grande número de marcações na opção neutra, acima de 20%, como as questões Q.7, Q.15, Q.18, Q.25, Q.26 e Q.28, somente a Q.25 manteve a mesma frequência relativa de 21,7% de marcações nesta opção. Em todas as outras, os valores foram reduzidos. Dessa forma, podemos inferir que as respostas dadas através da opção neutra, na primeira aplicação, podem ter sido mais devido à falta de conhecimento sobre as questões do que pelos outros possíveis motivos indicados acima. Sendo assim, parecemos ter um importante ganho na unidade didática trabalhada, no que diz respeito à possibilidade de aprendizagem dos temas abordados nas aulas.

Capítulo 4

CONCLUSÕES

No presente trabalho, buscamos investigar quais as características de uma unidade didática capaz de promover uma ampliação da aprendizagem sobre a crise ambiental, a ecologia e o funcionamento do sistema Terra, no contexto de uma disciplina para estudantes ingressantes no ensino superior. Ao fim do processo de elaboração da unidade didática, através do trabalho colaborativo da equipe de pesquisa, que incluiu a professora da disciplina na qual foi desenvolvida, a unidade apresenta as seguintes características:

1. Estimula o entendimento e o interesse pelo conhecimento científico.
2. Aborda os conteúdos de forma adequada ao nível de ensino, contando, inclusive, com a elaboração de material didático específico.
3. Revisa os estudos introdutórios sobre a ecologia.
4. Estimula a exposição das concepções prévias dos estudantes sobre a crise ambiental.
5. Introduce conteúdos da teoria Gaia e da Ciência do Sistema Terra – CST, de modo a proporcionar um entendimento sistêmico do funcionamento da Terra.
6. Detalha o tema do aquecimento global, apresentando o atual debate científico acerca das causas desse fenômeno.
7. Integra conhecimentos de diversas áreas das ciências, ao tratar de alguns conteúdos, como os ciclos biogeoquímicos.
8. Com base na idéia da Terra como um superorganismo (encontrada em certas versões da teoria Gaia, inclusive apresentadas por seu proponente principal, James Lovelock), discute alguns conceitos de vida.
9. Ainda com base em Gaia, introduz conceitos como os de auto-regulação e homeostase, entre outros.
10. Suscita a discussão de questões que envolvem aspectos sociais, culturais, ambientais, políticos e econômicos, visando à formação crítica dos estudantes através do questionamento da ordem econômica e tecnológica dominante.

11. Estimula a discussão sobre o que pode ser feito coletiva e individualmente para o enfrentamento da crise ambiental, além do papel da tecnologia nesse processo.
12. Estimula o desenvolvimento da conscientização ambiental.

Os dados necessários para a avaliação do cumprimento dos objetivos de aprendizagem da unidade didática com essas características, conforme planejada, foram coletados em quatro momentos diferentes, com a utilização de três tipos de instrumentos: um questionário de múltipla escolha, que investigou as opiniões e atitudes frente a questões ambientais, aplicado em dois momentos diferentes; e duas questões discursivas, também respondidas em momentos diferentes da unidade. A partir dos dados obtidos através dos instrumentos de coleta, chegou-se às conclusões apresentadas a seguir.

De início, discutimos as análises das respostas da primeira aplicação do questionário de múltipla escolha, antes das aulas da unidade didática, que apontaram caminhos importantes para nossa pesquisa.

Foram identificados problemas com algumas proposições do questionário, como a existência de duas afirmativas numa mesma proposição – o que não deve acontecer quando se utiliza a escala de Likert – e o forte indício de que alguma proposição tenha influenciado a resposta de outras. Esses pontos deverão ser corrigidos em futuras aplicações do questionário de múltipla escolha utilizado na presente pesquisa.

De forma geral, os resultados da primeira aplicação do questionário indicam que, para a primeira variável latente (‘Responsabilidade ambiental nas práticas cotidianas’), os estudantes relataram ter atitudes e práticas cotidianas ambientalmente responsáveis. Vale pontuar também que a quantidade de marcações no campo ‘Não concordo nem discordo’ foi considerada alta para esta variável, já que as proposições tratam de temas do cotidiano e, portanto, era de se esperar que os estudantes tivessem opiniões formadas a seu respeito. A análise dos resultados das marcações para a segunda variável, que trata do entendimento do funcionamento do planeta, identificou que os estudantes, em sua maioria, mostraram possuir um entendimento sistêmico do funcionamento do planeta Terra, em detrimento de uma visão mais fragmentada. Em relação à terceira variável latente – ‘Posicionamento sobre a relação entre o ser humano e o ambiente natural’ –, a análise dos resultados indicou certa confusão de valores nas

percepções dos estudantes, quanto a um posicionamento antropocêntrico ou ecocêntrico, ou que o posicionamento é dependente do contexto. A falta de uma tendência clara nos resultados, em nossa análise, pode indicar duas vertentes possíveis: as questões que fazem parte desta variável latente precisam ser mais aprofundadas e mais discutidas em sala de aula, o que poderá elucidar a questão da dependência do contexto; ou as proposições não foram em número ou qualidade suficientes para alcançar o nível necessário para que houvesse a discriminação entre os posicionamentos. Por último, os resultados das respostas às questões da quarta variável ('Entendimento da crise ambiental') indicaram que, para os estudantes, existiam muitas dúvidas em relação à crise ambiental. Um tema bastante importante para a nossa análise, o aquecimento global, foi tratado nesta variável e a maior parte dos estudantes relatou acreditar que as interferências humanas são as causadoras do fenômeno do aquecimento global. No entanto, em outra questão, os estudantes se mostraram divididos quanto à confiança que se pode depositar na compreensão científica dessas mesmas causas. Essa discrepância sugere um conhecimento prévio relativamente limitado sobre os debates existentes no meio científico a este respeito, dos quais buscamos tratar durante a unidade didática, quando enfocamos o fenômeno do aquecimento global.

Além disso, mereceu destaque a falta de conexão observada entre questões sociopolíticas, econômicas e ambientais, o que nos sugeriu a falta de conscientização ambiental no nível de uma participação política ou coletiva que ultrapasse as formas comumente apontadas como eficientes no enfrentamento dos problemas ambientais, freqüentemente focadas apenas nas ações individuais. Estes achados também indicam que, em alguma medida, estes estudantes tiveram acesso a uma educação ambiental – seja pelas escolas, seja pelos meios de comunicação –, uma vez mostraram já possuírem algumas informações importantes a respeito dos temas tratados no questionário. Este fato também foi observado durante as aulas. Contudo, entendemos que a forma como a educação ambiental vem sendo feita não está sendo suficiente para promover, de fato, uma conscientização ambiental. Isto porque entendemos que é fundamental para o processo de conscientização que a educação ambiental tenha um forte caráter sociopolítico e econômico, em que sejam explicitadas, entendidas e aprofundadas as estreitas relações entre a problemática ambiental e questões dessas outras ordens.

O estereótipo do estudante de Biologia ambientalista – que se refere àquele que possui maior interesse e conhecimento a respeito das questões ambientais, além de uma consciência ambiental bem desenvolvida e que a coloca em prática – não pode ser

desconsiderado na nossa análise. Contudo, algumas marcações ao longo do questionário mostraram que, apesar de o conjunto das respostas indicar a existência de certa coesão das opiniões e atitudes, que podem estar manifestando o referido estereótipo, existiram também diferenças nas opiniões dos estudantes, ainda que minoritárias, mas podendo exercer alguma influência no grupo.

Já com a segunda aplicação desse mesmo questionário de múltipla escolha, realizada aproximadamente oito meses após a intervenção em sala de aula, obtivemos resultados que nos permitem comparar, dentro da capacidade do nosso instrumento de coleta de dados, o modo como os estudantes relataram as suas opiniões e atitudes frente às questões ambientais antes e após a unidade didática.

Boa parte das 44 proposições do questionário não apresentou diferenças significativas nas respostas das duas aplicações, o que indica não ter ocorrido muitas mudanças de atitudes, de acordo com a análise permitida pelo instrumento. No entanto, encontramos boas indicações de importantes mudanças em algumas questões. Por exemplo, os estudantes se mostraram mais conscientes a respeito da importância de atitudes políticas no enfrentamento das questões ambientais; e da importância das relações econômicas entre a produção e/ou consumo e/ou descarte dos produtos que utilizamos. Em relação às análises das variáveis latentes, os estudantes continuaram a apontar as suas atitudes individuais e cotidianas como ambientalmente responsáveis e o posicionamento da maioria foi de uma percepção ecocêntrica do ambiente natural, apesar de reconhecermos que o instrumento não se mostrou eficaz suficientemente para a avaliação da variável latente 'Posicionamento sobre a relação entre o ser humano e o ambiente natural'. Quanto à variável que tratou do entendimento da crise ambiental, podemos afirmar que houve melhora na forma como foram relatadas as suas opiniões, com base na maior convicção demonstrada pelas respostas, na medida em que aumentaram as marcações nas opções extremas, em detrimento das intermediárias e da opção neutra. E, por fim, a comparação dos resultados da variável latente sobre a visão sistêmica ou fragmentada do planeta sugere que a unidade didática cumpriu o seu objetivo de melhorar a compreensão da crise ambiental atual a partir do conhecimento científico construído com a utilização de um entendimento sistêmico da Terra, apesar de os resultados obtidos com a segunda questão discursiva não terem sido tão positivos nesse aspecto.

Com os resultados das análises da primeira questão discursiva, respondida pelos estudantes antes da intervenção, concluímos que as respostas podem ter sofrido o

chamado ‘efeito do teste’, por consequência da aplicação anterior do questionário de múltipla escolha, apesar das diferenças entre os dois instrumentos. Por isso, indicamos que, em futuras repetições da unidade didática, a questão discursiva seja aplicada antes do questionário. Concluimos também que o debate científico a respeito das causas do aquecimento global era desconhecido pela maior parte dos estudantes e que é provável que as informações contidas nas respostas tenham sofrido grande influência da mídia. Tal conclusão é reforçada pelos dados obtidos através do perfil socioeconômico dos estudantes, a partir da informação sobre as principais fontes de informação a que estão sujeitos. Além disso, a identificação da confusão entre o efeito estufa e da destruição da camada de ozônio, encontrada em vários estudantes, chama a atenção para a necessidade de tratar da mesma durante a unidade didática.

Quanto à segunda questão discursiva, aplicada logo depois da conclusão das aulas da unidade didática, chegamos às seguintes conclusões: apesar do bom desempenho que os estudantes tiveram com o questionário de múltipla escolha, as análises das respostas à questão discursiva que envolveu o entendimento sistêmico do planeta sugerem que o tema não foi bem compreendido, a ponto de não conseguirem elaborar, com suas próprias palavras, as explicações sistêmicas solicitadas pela questão. Contudo, através da comparação com as análises da primeira questão discursiva, concluimos que ocorreu uma melhora na compreensão do fenômeno do aquecimento global pelos estudantes, na medida em que grande parte das respostas reconheceu o debate científico existente, a indicação de causas principalmente ou exclusivamente antrópicas foi reduzida. Além disso, as análises apontaram limites da unidade didática, indicadas pelas respostas que apresentaram confusões envolvendo os diversos conteúdos trabalhados nas aulas e no material didático elaborado. A possibilidade de que o texto fornecido não tenha sido lido pelos alunos pode ser pensada como uma das explicações para os equívocos, considerando que a professora não apontou para a inadequação da unidade didática quanto à extensão ou ao seqüenciamento do conteúdo trabalhado. De qualquer forma, concluimos que, numa futura aplicação da unidade, é necessário que se reavalie o momento da aplicação da questão discursiva, bem como a quantidade e a sequência dos conteúdos trabalhados, além de incluir, explicitamente, a distinção entre o efeito estufa e a redução da camada de ozônio.

Por fim, acreditamos que o estudo aqui relatado obteve êxitos importantes no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos do conhecimento escolar abordados pela unidade didática construída e avaliada, apesar de alguns limites terem sido observados,

como no caso de alguma dificuldade encontrada pelos estudantes na aprendizagem sobre uma visão sistêmica do planeta. Também acreditamos que é bastante provável que a intervenção tenha melhorado, em alguma medida, a consciência ambiental dos estudantes, com base nos relatos de mudanças de atitudes obtidos através do questionário de múltipla escolha que construímos e utilizamos. Contudo, os êxitos, neste momento, indicam caminhos a serem seguidos, assim como as falhas já mencionadas, para que a nossa proposta seja retrabalhada e aperfeiçoada para novas aplicações e avaliações, até que as características necessárias para atender aos nossos objetivos estejam cada vez mais claras e sólidas.

REFERÊNCIAS

- AMÉRIGO, M.; BERNARDO, A. Representación social del ser humano *versus* naturaleza y su relación con las creencias medioambientales. **Revista de Psicología Social**, 2007, 22 (3), 291-233.
- ANGOTTI, J.A.P.; AUTH, M.A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação*. v.7, n.1, p.15-27, 2001. Disponível em: <http://www.cultura.ufpa.br/ensinofts/artigo4/ctseduca.pdf>. Acessado em: 22 set. 2010.
- ARAGONÉS, J.I.; AMÉRIGO, M. Un estudio empírico sobre las actitudes ambientales. **Revista de Psicología Social**, 1991, 6(2), 223-240.
- BAUER, M.W; GASKELL, G.; ALLUM, N.C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento. Cap. 1. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático**. Trad.: Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis: Vozes, 2002. 17-36 p.
- BERNSTEIN, B. **A estruturação do discurso pedagógico: classe, código, controle**. Petrópolis: Vozes, 1996.
- BIAGGIO, A.M.B.; VARGAS, G.A.O.; MONTEIRO, J.K.; SOUZA, L.K.TESCHE, S.L. Promoção de atitudes ambientais favoráveis através de debates de dilemas ecológicos. **Estudos de Psicologia**, 1999, 4 (2), 221-238.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods**. 4ª ed. Boston, Allyn and Bacon, Inc., 2003.
- CARMO, R.S.; NUNES-NETO, N.F.; EL-HANI, C.N. Gaia Theory in Brazilian High School Biology Textbooks. In: International Organisation for Science and Technology Education (IOSTE), 2007, Hammamet (Tunisia). **Anais...** Hammamet: IOSTE, 2007. p.365-379.
- CARVALHO, I.C.M. Epistemologia ambiental. **Ambient. soc.**, Campinas, n. 8, jun. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext. Acessado em: 26 set. 2010.
- DE DEUS, J.D. **Da crítica da ciência à negação da ciência**. Lisboa: Gradiva. 2003.
- EL-HANI, C. N.; GRECA, I. Uma comunidade virtual de prática como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação científica. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, a1069. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- EL-HANI, C.N.; MORTIMER, E.F. O Valor Pragmático da Linguagem Cotidiana. In: CUNHA, A.M.; MORTIMER, E.F.; AGUIAR JR., O.G.; NASCIMENTO, S.S.; FONSECA, M.C.F. (Orgs.). **Convergências e Tensões no Campo da Formação e do Trabalho Docente: Educação Ambiental, Educação em Ciências, Educação em**

Espaços Não-Escolares, Educação Matemática - Coleção Didática e Prática de Ensino, Belo Horizonte: Autêntica, 2010. pp. 327-350.

GASKELL, G.; BAUER, M.W. Para uma prestação de contas pública: além da amostra, da fidedignidade e da validade. Cap. 19. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático**. Trad.: Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis: Vozes, 2002. 446-470 p.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

GRECA, I.M.; FREIRE JUNIOR, O. A “crítica forte” da ciência e implicações para educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 343-361, 2004. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=29&layout=abstract>. Acessado em: 02 jul. 2010.

GUIMARÃES, M.D.M. **A teoria Gaia no ensino de biologia: revisão crítica de literatura e proposta de seqüência de ensino para sua inclusão no ensino médio**. 2007. 106 f. Monografia (Bacharelado) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

GUIMARÃES, M.D.M.; LIMA-TAVARES, M.; NUNES-NETO, N.F.; CARMO, R.S.; EL-HANI, C.N. A Teoria Gaia é um Conteúdo Legítimo no Ensino Médio de Ciências? **Pesquisa em Educação Ambiental** (UFSCar), v.3, p.73 - 104, 2008.

HARGREAVES, D. H. The knowledge-creating school. **British Journal of Educational Studies**, v. 47, p. 122-144. 1999.

IPCC, 2007: **Climate Change, 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (Eds.). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em: 20 mar. 2010.

JACOBSON, M.C.; CHARLSON, R.J.; RODHE, H.; ORIANI, G.H. **Earth System Science: From Biogeochemical Cycles to Global Changes**. San Diego, CA: Elsevier, 2000.

JACCOUD, M.; MAYER, R. A observação direta e a pesquisa qualitativa. In: POUPART, J.; DESLAURIERS, J. P.; GROULX, L. H.; LAPERRIÈRE, A.; MAYER, R.; PIRES, A. P. (Orgs.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 254-294.

KENNEDY, M.M. The Connection between Research and Practice. **Educational Researcher**, v. 26, n. 7, p. 4-12, Oct.1997.

KIRCHNER, J.W. The Gaia hypothesis: Can it be tested? **Reviews of Geophysics**, vol. 27, nº 2, pp. 223-235, 1989.

KLEIDON, A. Testing the Effect of Life on Earth's Functioning: How Gaian is the Earth System? **Climatic Change**, vol. 52, pp. 383-389, 2002.

KUMP, L.R.; KASTING, J.F.; CRANE, R.G. **The Earth System**. Prentice Hall: New Jersey, 1999.

LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.

LENTON, T.M. & VAN OIJEN, M. Gaia as a complex adaptive system. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, vol. 357, pp. 683-695, 2002.

LIMA-TAVARES, M.; EL-HANI, C.N. Um olhar epistemológico sobre a transposição didática da teoria Gaia. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.6, n. 3, dez. 2001. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a4.htm#\(1\)#\(1\)](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a4.htm#(1)#(1)). Acessado em: 02 fev. 2008.

LIMA, A.R.F.; TEIXEIRA, F.M. Atividade interdisciplinar no ensino de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p950.pdf>. Acessado em: 22 set. 2010.

LOVELOCK, J.; MARGULIS, L. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. **Tellus**. Vol. 26. n° 1-2. pp. 2-10. 1974.

LOVELOCK, J. **As Eras de Gaia**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.

LOVELOCK, J. **Gaia: Um novo olhar sobre a vida na Terra**. Lisboa: Edições 70, 1995.

LOVELOCK, J. Gaia: um modelo para a dinâmica planetária e celular. In: THOMPSON W. I. **Gaia: uma teoria do conhecimento**. São Paulo: Gaia, 2000. p.77-90.

LOVELOCK, J. **Gaia: cura para um planeta doente**. São Paulo: Cultrix, 2006a.

LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006b.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARGULIS, L. James Lovelock's Gaia. In: BUNYARD, P. (Ed.). **Gaia in action: science of the living earth**. Floris Books, Edinburgh, 1996. pp. 54-64.

MARGULIS, L.; LOVELOCK, J. Biological modulation of the atmosphere. **Icarus**. vol.21. pp. 471-489. 1974

McINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. **Cambridge Journal of Education**, v. 35, n. 3, p. 357-382, Nov. 2005.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA *et al.* (Ed.). **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005. p.195-207.

MEYER, L.M.N., GUIMARÃES, M.D.M., EL-HANI, C.N. Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/viewFile/1002/415>. Acessado em: 20 mar. 2010.

MEYER, L.M.; BOMFIM, G.C.; EL-HANI, C. N. Life Concepts in Higher Education Biology Textbooks. In: International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks (IOSTE), 2007, Hammamet (Tunísia). **Anais...** Hammamet: IOSTE, 2007. v.1. p. 779-793.

MOLION, L.C.B. Aquecimento global: uma visão crítica. In: VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global: frias contendias científicas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.

MORTIMER, E.F.; SCOTT, P.H.. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead, UK: Open University Press, 2003.

NUNES-NETO, N.F. Bases epistemológicas para um modelo funcional em Gaia. 2008. 187f. Dissertação (Mestrado) – PPG em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.

NUNES-NETO, N.F.; CARMO, R.S.; EL-HANI, C.N. The relationships between marine phytoplankton, dimethylsulphide, and the global climate: The CLAW hypothesis as a Lakatosian progressive problemshift. In: KERSEY, W.; MUNGER, S.P. (Eds.). **Marine Phytoplankton**. Hauppauge-NY: Nova Scientific Publishers, 2009a.

NUNES-NETO, N.F.; CARMO, R.S.; EL-HANI, C.N. Uma conexão entre algas e nuvens: Fundamentos teóricos da hipótese CLAW e suas implicações para as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis** 13: 596-608, 2009b.
DOI:10.4257/oeco.2009.1304.04

OLIVEIRA, S.M.B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global: frias contendias científicas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.

PAGAN, A.A. **Ser (animal) humano**: evolucionismo e criacionismo nas concepções de alguns graduandos em ciências biológicas. 2009. 228p. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

PEKAREK, R.; KROCKOVER, G.; SHEPARDSON, D. The research/practice gap in science education. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 33, p. 111-113, 1996.

POSTGATE, J. Gaia gets too big for her boots. **New Scientist**, vol. 118, n 1607, p. 60, 1988.

SANTOS, B.S. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. **Estud. av.**, São Paulo, v. 2, n. 2, ago. 1988. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141988000200007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 01 out. 2009.

SANTOS, B.S. **A crítica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2000.

SCHREINER, C.; SJØBERG, S. **Sowing the seeds of ROSE**: background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education. Department of Teacher Education and School Development University of Oslo: Oslo, 2004. Disponível em: <http://www.ils.uio.no/english/rose/key-documents/keydocs/ad0404-sowing-rose.pdf>. Acesso em 22 set. 2009.

TANTAWI, P.; O'SHAUGHNESSY, N.; GAD, K.; RAGHEB, M.A.S. Attitude towards the environment: an empirical investigation on Egyptian consumers. In: International Conference on Business and Information (BAI), 2007, Tóquio (Japão). **Anais...** Tóquio: BAI, 2007. Disponível em: <http://ibacnet.org/bai2007/proceedings/Papers/2007bai7385.doc>. Acessado em 15 set 2009.

UEBERSAX J. S. Likert scales: dispelling the confusion. **Statistical Methods for Rater Agreement website**. 2006. Disponível em: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/jsuebersax/likert2.htm>. Acessado em: 22 jun. 2009.

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana. *Homepage* Institucional. Disponível em www.uefs.br. Acessado em: 04 jan. 2010.

UNIVERSIDADE Federal da Bahia. **Relatório de Gestão 2008**. Salvador: UFBA, 2009. Disponível em: http://www.proplad.ufba.br/ftp/relatorio_2008/relatorio_gestao_2008.pdf. Acessado em: 04 jan. 2010.

UNIVERSIDADE Federal da Bahia. **Estatuto e Regimento Geral**. Salvador: UFBA, 2010. Disponível em: http://www.ufba.br/sites/www.ufba.br/files/estatuto_regimento/index.html. Acessado em: 15 set. 2010.

VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global**: frias contendidas científicas. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.

VIEIRA, V.; BIANCONI, M.L.; DIAS, M. Espaços não-formais de ensino e o currículo de ciências. **Cienc. Cult.** 2005, v. 57, n. 4, dez. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=s0009-67252005000400014&script=sci_arttext. Acessado em: 22 set. 2010.

VOLK, T. **Gaia's Body**: toward a physiology of the earth. New York: Copernicus, 1998.

WATSON, A.; LOVELOCK, J.E. Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. **Tellus, Series B – Chemical and Physical Meteorology**, v. 35, n. 4, p. 284-289, 1983.

WILKINSON, D.M. Gaia and natural selection. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, n. 7, pp. 256-257, 1999.

Apêndice A: Questionário de múltipla escolha: relato de opiniões e atitudes ambientais.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Prezados(as) Estudantes,

Este questionário foi elaborado como instrumento de coleta de dados para uma pesquisa do Curso de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Seu objetivo é levantar dados sobre como vocês relatam as suas atitudes e opiniões diante de questões relativas à atual crise ambiental, ao conhecimento científico referente a essa crise e ao funcionamento do planeta Terra. Não há respostas certas ou erradas, apenas opiniões! Sua opinião é muito importante para nós. Os dados aqui levantados serão unidos aos de outros(as) estudantes, e a análise e a divulgação dos resultados estão regidos por criteriosos aspectos éticos que garantem o anonimato dos(as) respondentes. Contamos com a sua colaboração e agradecemos desde já.

Contato: Maria Daniela Guimarães – bio.mariadaniela@gmail.com

Por favor, marque um “X” no quadrado que melhor representa seu grau de concordância ou discordância com as afirmações apresentadas a seguir. Se você não compreender alguma das questões, pode deixá-la em branco.

Suas atitudes e opiniões sobre os temas abaixo são:		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.1	Em nossas ações cotidianas, somos responsáveis pela atual crise ambiental.					
Q.2	Acho impossível vivermos sem o uso do petróleo para geração de energia.					
Q.3	Reverter os problemas ambientais é responsabilidade do governo.					
Q.4	De modo geral, usar produtos “ecologicamente corretos” não tem efeito significativo para a conservação dos recursos naturais.					
Q.5	A atual crise ambiental é, freqüentemente, exagerada.					
Q.6	Os benefícios da preservação ambiental não justificam os gastos envolvidos.					
Q.7	Eu procuro comprar produtos ecologicamente responsáveis.					
Q.8	A agricultura baseada em monoculturas é prejudicial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos.					
Q.9	Não acho que estejamos diante de uma crise ambiental.					

Suas atitudes e opiniões sobre os temas abaixo são:		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.10	As empresas devem colocar sempre os lucros antes das questões ambientais.					
Q.11	Mesmo não tendo certeza das causas do aquecimento global, é preciso que medidas urgentes sejam tomadas para que uma catástrofe seja evitada.					
Q.12	A minha renda é mais importante do que as questões ambientais.					
Q.13	A conservação da diversidade biológica é fundamental no enfrentamento da crise ambiental atual.					
Q.14	Eu entendo o planeta de forma sistêmica, ou seja, como um sistema único de interações.					
Q.15	Na escolha dos meus candidatos em eleições, eu levo em conta as suas propostas para a política ambiental.					
Q.16	O uso de fontes alternativas de geração de energia é importante para o momento de crise que enfrentamos.					
Q.17	A crise ambiental que estamos vivendo é um dos maiores problemas da atualidade.					
Q.18	Os produtos que degradam em excesso o meio ambiente durante o seu processo de produção, durante o seu consumo ou no seu descarte devem ser fortemente tributados pelo governo.					
Q.19	Não acredito em atitudes individuais, como deixar o carro em casa e utilizar o transporte público, para ajudar a combater o aquecimento global.					
Q.20	Eu considero que todos os seres vivos possuem o mesmo direito à vida que o ser humano.					
Q.21	É difícil encontrar produtos ambientalmente responsáveis para compra.					
Q.22	Não acredito que a Terra tenha capacidade de auto-regular as suas condições climáticas e químicas.					
Q.23	Eu economizo energia elétrica em minha casa por questões financeiras.					
Q.24	Eu não acredito que os recursos ambientais sejam esgotáveis.					
Q.25	Eu incentivo minha família, vizinhos e amigos a utilizarem produtos que causam menor degradação ambiental.					
Q.26	Eu acredito que a tecnologia avançará a ponto de resolver os problemas ambientais que enfrentamos hoje.					
Q.27	Eu economizo água no meu dia-a-dia porque tenho medo que eu ou os meus filhos venhamos a sofrer com a sua escassez.					

Suas atitudes e opiniões sobre os temas abaixo são:		Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q.28	Até mesmo a nossa alimentação, quando escolhemos quais produtos vamos consumir, tem relação com as questões sobre degradação ambiental.					
Q.29	A humanidade está seriamente ameaçada pela atual crise ambiental.					
Q.30	Existe uma relação muito estreita entre os desmatamentos e o aquecimento global.					
Q.31	A extinção de espécies animais, como baleias ou tamanduás, ou vegetais, como o cedro ou o angico, não causa nenhum prejuízo à vida, de forma geral.					
Q.32	Eu não me preocupo em saber de onde vêm, como são feitos e como são descartados os produtos que eu consumo.					
Q.33	A substituição de ambientes naturais por áreas cultivadas é uma boa solução para os problemas ambientais, pois as áreas continuam vegetadas.					
Q.34	Eu evito consumir carnes (bovinas, suínas, de aves e camarões) porque as suas formas de produção, em geral, causam grande degradação ambiental.					
Q.35	A agricultura baseada em monoculturas e no uso de agrotóxicos deve ser mantida, pois disso depende a sobrevivência da humanidade.					
Q.36	Para a ciência, não existem dúvidas acerca do aquecimento global e de suas causas.					
Q.37	Eu tenho conhecimento de qual rio abastece de água a minha cidade.					
Q.38	Outros seres vivos podem ser prejudicados pelas mudanças climáticas, mas não o ser humano.					
Q.39	Eu faço parte de algum tipo de organização da sociedade civil que atua na área socioambiental.					
Q.40	Eu tenho conhecimento de qual bioma é predominante na região em que vivo.					
Q.41	Eu evito consumir produtos com muita embalagem por acreditar que atitudes individuais sejam importantes no enfrentamento da crise ambiental.					
Q.42	É impossível que a vida sobre a Terra seja eliminada por causa de problemas ambientais.					
Q.43	A destruição dos ambientes naturais é prejudicial à manutenção da vida em nosso planeta.					
Q.44	Eu não acredito que o aquecimento global esteja sendo causado por ações antrópicas.					

Apêndice B: Termo de consentimento livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

PROJETO: Aplicação e avaliação de uma unidade didática sobre a crise ambiental atual, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra, no contexto do ensino superior.

Estamos desenvolvendo projeto no qual testaremos uma unidade didática sobre a crise ambiental atual, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra, com a introdução à teoria Gaia, para estudantes de graduação do curso de Ciências Biológicas, na disciplina de Biologia Geral (BIO 007). Para tanto, aplicaremos uma seqüência didática com duração de duas aulas, que será registrada através de filmagens e gravação de áudio, aplicaremos dois questionários ao longo do semestre e incluiremos algumas questões na avaliação da unidade da disciplina para verificarmos os efeitos da seqüência. A sua colaboração é fundamental para que possamos alcançar o resultado pretendido neste projeto, a saber, verificar de que forma a seqüência didática influencia a compreensão dos estudantes de graduação sobre a atual crise ambiental, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra. Desta forma, com os resultados do nosso trabalho, pretendemos contribuir para o aprimoramento do ensino de ecologia, da compreensão da natureza da ciência e da conscientização ambiental nos estudantes.

Nós nos comprometemos com a garantia de confidencialidade das respostas dos questionários, da prova e das imagens das filmagens, e com o sigilo dos dados armazenados e analisados de forma que os nomes dos respondentes não serão incluídos na sistematização dos dados. Esta investigação não oferece qualquer risco para os alunos que participarem, uma vez que não se fará qualquer vinculação entre participação nas atividades e a identidade pessoal dos respondentes. Somente os pesquisadores da equipe terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Não há qualquer obrigatoriedade da sua participação. Se durante a realização dessas atividades, você resolver desistir, não haverá qualquer consequência para você. Além disso, a sua participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa da sua parte. Os dados coletados serão usados somente para a pesquisa mencionada acima.

Se você concorda em participar, por favor, escreva o seu nome e endereço eletrônico no campo abaixo indicado. Isso será considerado como prova da sua concordância.

Atenciosamente,

Maria Daniela Martins Guimarães (Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências - Universidade Federal da Bahia)

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani (Orientador; Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia – Universidade Federal da Bahia)

Profa. Dra. Iara Sordi Bravo (Professora da disciplina Biologia Geral, Instituto de Biologia – Universidade Federal da Bahia)

Nome:

Endereço eletrônico:

Apêndice C: Questão discursiva a respeito do tema da unidade didática, aplicada antes da intervenção.

Prezados(as) Estudantes,

Esta questão foi elaborada como instrumento de coleta de dados para uma pesquisa do Curso de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Seu objetivo é levantar dados sobre o conhecimento de vocês acerca da atual crise ambiental, com foco no aquecimento global. Os dados aqui levantados serão unidos aos de outros(as) estudantes, e a análise e a divulgação dos resultados estão regidos por criteriosos aspectos éticos que garantem o anonimato dos(as) respondentes. Contamos com a sua colaboração e agradecemos desde já.

Contato: Maria Daniela Guimarães – bio.mariadaniela@gmail.com

Questão: Explique os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global e justifique sua resposta.

Apêndice D: Questionário para o traçado do perfil socioeconômico básico.

Prezados(as) Estudantes,

Este questionário foi elaborado como instrumento de coleta de dados para uma pesquisa do Curso de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Seu objetivo é levantar dados sobre o perfil socioeconômico básico das turmas que participam da pesquisa. Os dados aqui levantados serão unidos aos de outros(as) estudantes, e a análise e a divulgação dos resultados estão regidos por criteriosos aspectos éticos que garantem o anonimato dos(as) respondentes. Contamos com a sua colaboração e agradecemos desde já.

Contato: Maria Daniela Guimarães – bio.mariadaniela@gmail.com

PERFIL SOCIOECONÔMICO BÁSICO

1. Qual a sua faixa etária?

- (a) Menos de 18 anos.
- (b) Entre 18 e 21 anos.
- (c) Entre 22 e 25 anos.
- (d) Entre 26 e 29 anos.
- (e) Entre 30 e 33 anos.
- (f) Entre 34 e 38 anos.
- (g) Entre 39 e 42 anos.
- (h) 43 anos ou mais.

2. Qual o seu sexo?

- (a) Feminino
- (b) Masculino

3. Qual o seu estado civil (situação marital)?

- (a) Solteiro ou solteira.
- (b) Casado ou casada.
- (c) Divorciado ou divorciada.
- (d) Viúvo ou viúva.
- (e) Possui companheiro ou companheira.

4. Você trabalha atualmente?

- (a) Sim.
- (b) Não.

5. Se sim, em que você trabalha?

6. Você é independente financeiramente?

- (a) Sim.
- (b) Não.

7. Qual a renda média sua (se for independente) ou de sua família?

- (a) Até 1 salário mínimo (R\$ 510,00).
- (b) De 1 a 2 salários mínimos (de R\$ 510,00 até R\$ 1.020,00).

De 2 a 5 salários mínimos (de R\$ 1.020,00 até R\$ 2.550,00 inclusive).

De 5 a 10 salários mínimos (de R\$ 2.550,00 até R\$ 5.100,00 inclusive).

De 10 a 30 salários mínimos (de R\$ 5.100,00 até R\$ 15.300,00 inclusive).

Mais de 30 salários mínimos (mais de R\$ 15.300,00).

8. Em que tipo de escola você cursou o ensino médio?

- (a) Somente em escola pública.
- (b) Maior parte em escola pública.
- (c) Somente em escola particular.
- (d) Maior parte em escola particular.
- (e) Somente em escola indígena.
- (f) Maior parte em escola indígena.
- (g) Somente em escola situada em comunidade quilombola.
- (h) Maior parte em escola situada em comunidade quilombola.

9. Em qual cidade você nasceu?

10. Em qual cidade você mora atualmente?

11. Se mora em Salvador, em qual bairro?

12. Quais meios de comunicação você tem em casa?

- TV.
- TV por assinatura.
- Assinatura de jornal.
- Acesso à internet.
- Periódicos. Qual (is)?

13. Este é o seu primeiro curso de nível superior ou você tem outra formação? Qual?

Apêndice E: Unidade didática.

Unidade didática: A crise ambiental atual, a ecologia e o funcionamento do planeta Terra

Objetivo geral: compreender a ecologia e melhorar o entendimento da crise ambiental atual a partir dos conhecimentos científicos gerados em pesquisas que se utilizam da visão sistêmica do planeta Terra.

Objetivos específicos:

1. Revisar os estudos sobre a ecologia moderna;
2. Estimular a exposição das concepções prévias dos estudantes sobre a crise ambiental;
3. Questionar a ordem econômica e tecnológica dominantes;
4. Reconhecer que todos os organismos alteram o seu ambiente;
5. Conhecer as ações do IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas;
6. Detalhar o tema do aquecimento global, trazendo o recente debate na comunidade científica a respeito de suas causas;
7. Introduzir os conteúdos trazidos pela teoria Gaia e pela Ciência do Sistema Terra – CST;
8. Com base na idéia da Terra como um superorganismo (teoria Gaia), discutir alguns conceitos de vida;
9. Introduzir os conceitos de auto-regulação, homeostase, alças de retroalimentação, sistema cibernético e ciclos biogeoquímicos, além do modelo do Margaridal e da Hipótese CLAW;
10. Reconhecer a importância dos ambientes naturais na regulação do sistema Terra como um todo;
11. Estimular a discussão sobre o que pode ser feito coletiva e individualmente, além do papel da tecnologia nesse processo;
12. Melhorar a conscientização ambiental dos estudantes.

Público-alvo: estudantes do primeiro semestre do curso de Ciências Biológicas.

Tempo previsto: 04 aulas.

UNIDADE DIDÁTICA:

AULA 1 (120 minutos)

1ª Etapa: 10 minutos

- Breve introdução sobre a ecologia moderna e apresentação da hierarquia dos níveis de organização, em uma revisão dos temas já tratados no ensino médio.

2ª Etapa: 20 minutos

- Levantamento das concepções dos estudantes sobre a crise ambiental atual. O professor pode perguntar para a turma: “O que vocês pensam sobre a relação entre os seres humanos e seu ambiente nos dias de hoje?”, “E sobre o clima do nosso planeta?”, “Todos os organismos alteram o seu ambiente?”. As respostas dos

estudantes podem ser escritas no quadro, de modo a sistematizá-las e, depois, as visões e entendimentos dos estudantes sobre as idéias colocadas, exploradas. Uma forma de fazer a exploração é mediante agrupamento das visões em categorias e discussão das semelhanças e diferenças entre cada categoria.

3ª Etapa: 40 minutos

- Aula expositiva sobre a visão científica dessas questões:
- 1. Há uma crise ambiental, sobre a qual a ciência traz evidências empíricas, e que é anunciada nos meios de comunicação, discutida em diferentes contextos sociais e percebida pelo senso comum: utilização excessiva dos recursos naturais, destruição dos ambientes naturais, poluição, extinção de espécies, escassez de água e as próprias mudanças climáticas;
- 2. Todos os organismos alteram o seu ambiente;
- 3. Mudanças climáticas estão ocorrendo, mas no meio científico existem controvérsias sobre as causas do Aquecimento Global (apresentar as duas visões: concordância e discordância com o IPCC);
- 4. A questão da natureza da ciência e a crise de conhecimento – não conseguimos entender nem explicar a crise ambiental;

4ª Etapa: 10 minutos

- Outro momento de diálogo: “O que podemos fazer para melhorar o nosso entendimento desse momento de crise?”.
- O professor pode direcionar a conversa para a importância de se conhecer e compreender as interações entre os componentes do nosso planeta.
- O professor pode finalizar a conversa dizendo que essa última idéia nos levou, nas ciências, a uma visão sistêmica do planeta, ou seja, a visão da Terra como uma unidade, como um sistema único de interações complexas e altamente interdependentes.

5ª Etapa: 30 minutos

- Aula expositiva introdutória sobre dois campos da ciência que atualmente trabalham dentro dessa visão: a teoria Gaia e a Ciência do Sistema Terra – CST (Earth System Science).
- Breve histórico da teoria Gaia e suas mudanças, principalmente a partir dos anos 1990. Idéias centrais da teoria Gaia e o motivo maior de toda a controvérsia que a envolve: a Terra como um superorganismo (retomar, rapidamente, a questão de conceito de vida).
- Breve histórico sobre a CST e um pouco sobre as semelhanças e diferenças entre as duas teorias. A CST veio confirmar o poder explicativo da visão sistêmica da Terra.
- O professor pode finalizar apontando que a teoria Gaia, com todos os seus pontos bem apoiados e as suas controvérsias, pode ser interessante para melhorar o entendimento de ecologia, do sistema Terra e da própria crise ambiental atual, quando trabalhada como conhecimento escolar.

AULA 2 (120 minutos)

- A teoria Gaia - aprofundando alguns conceitos:
 - Auto-regulação;
 - Alças de retroalimentação, homeostase, sistema cibernético,
 - Margaridal, hipótese CLAW;
 - Ciclos biogeoquímicos.

2ª Etapa: 30 minutos

- Discussões:

- Consequências das alterações causadas pelo homem, com base nos mecanismos de regulação: a poluição, o desmatamento, a agricultura, etc.
- Questões sociopolíticas - perguntas: “Quais são as causas das alterações que estamos causando ou acelerando?”. O professor pode apontar para: capitalismo, sociedade de consumo, idéia de recursos naturais inesgotáveis.
- O que podemos fazer agora? Será que a ciência e a tecnologia podem resolver os problemas? E nós? O que pode ser feito coletiva e individualmente?

Apêndice F: Texto produzido para a unidade didática.

1. ECOLOGIA

Ecologia é o estudo da distribuição e da abundância de organismos, das suas interações e das comunidades das quais fazem parte (Jacobson e colaboradores, 2000).

Na ecologia moderna, são utilizados como unidades de estudo os níveis de organização, dispostos em uma hierarquia, de acordo com a interação dos organismos com a energia e a matéria. Ricklefs (2003) considera o organismo como a unidade mais fundamental da ecologia e traz a seguinte ordem e classificação: organismos – populações – comunidades – ecossistemas – biosfera. Esses níveis podem ser definidos da seguinte forma:

- População: grupo de indivíduos de um mesmo tipo (de uma única espécie), vivendo juntos;
- Comunidade: grupo de todas as populações (diferentes tipos) que vivem no mesmo lugar;
- Ecossistema: a comunidade com seus ambientes químicos e físicos funcionando juntos, como um sistema ecológico;
- Biosfera: todos os ecossistemas interligados, incluindo todos os ambientes e organismos da Terra.

Esses conceitos da ecologia são importantes para a compreensão do nosso tema central, a atual crise ambiental, porque se conseguirmos entender que essas unidades de estudo da ecologia são, necessariamente, inter-relacionadas, poderemos compreender melhor a idéia de um planeta visto como um único sistema, de forma integrada, como veremos adiante.

2. CRISE AMBIENTAL, CRISE DE CONHECIMENTO

Para o pesquisador e educador mexicano Enrique Leff, que trabalha na área da Economia do Desenvolvimento, a problemática ambiental surgiu no final do século XX, como o que ele chamou de *uma crise de civilização*, por existir aí o questionamento da racionalidade econômica e tecnológica dominante. Segundo Leff (2006), a referida crise pode ser percebida, principalmente, como o resultado da pressão do crescimento populacional sobre os recursos naturais. Ele considera também que a degradação ambiental deve-se aos padrões tecnológicos de uso e de exploração da natureza, da mesma forma que aos padrões de consumo, devido à acumulação de capital e à maximização da taxa de lucro em curto prazo. Ou seja, existe, para este autor, uma relação direta da problemática ambiental com as questões econômicas.

Ainda de acordo com Leff (2006), a crise ambiental atual foi causada, em grande parte, pelo processo histórico do qual emergiu a ciência moderna e a Revolução Industrial, que gerou a distinção das ciências e a fragmentação do conhecimento em disciplinas, buscando aumentar a eficácia do conhecimento científico e a eficiência da cadeia tecnológica de produção. Assim, é destacada a importância das relações sociedade-natureza influenciando os processos causados pela problemática ambiental. A crise ambiental, por sua vez, deve conduzir a uma reconstrução do saber, orientada por novas metodologias, que permitam uma análise integrada da realidade.

Muitos dos temas que hoje despertam o interesse da população em geral estão em franco debate científico, frequentemente com posições contrárias sendo colocadas ao mesmo tempo por grupos diferentes de pesquisadores. Essa é uma situação que tende a causar incômodo nas pessoas, que esperam que as ciências continuem sendo vistas como no passado, como detentoras de certezas “cientificamente comprovadas”. Se buscarmos conhecer como anda o debate sobre os temas relacionados à atual crise ambiental, veremos que as controvérsias são bastante presentes e poderemos concluir que, além da crise ambiental, a humanidade vive ainda uma crise do conhecimento: não sabemos como explicar a crise ambiental - o que está

acontecendo e por que está acontecendo. Mas é importante destacar que os debates são parte essencial do fazer científico e que o fato de existirem os debates não deve impedir que o enfrentamento da crise ambiental seja realizado pela sociedade.

É importante lembrar também que, apesar de toda a alteração que os seres humanos vêm causando no seu ambiente e de, por vezes, sermos acusados de responsáveis pela atual crise ambiental, é completamente natural que nós alteremos o nosso ambiente. Afinal, todos os organismos alteram o seu ambiente! Por exemplo, quando as plantas se desenvolvem e lançam as suas raízes, modificam a textura do solo e produzem substâncias químicas que estimulam o crescimento dos fungos simbióticos que contribuem para a sua nutrição (Lewontin, 1997). Voltando um pouco na história, quando os primeiros seres fotossintetizantes começaram a liberar oxigênio no meio, este era um gás tóxico para a maior parte dos seres vivos que existiam. E a alteração foi tamanha, que a atmosfera da Terra foi bastante modificada. A seguir, um trecho de Lewontin, em seu trabalho “Genes, ambiente e organismo”, de 1997, mostra a importância de reconhecer que todo ser vivo altera seu ambiente:

[...] todo organismo e não apenas a espécie humana se acha em processo de modificar seu ambiente, criando ou destruindo seus próprios meios de subsistência. Nos termos da filosofia ambientalista, entre todas as espécies só o ser humano está em vias de aniquilar o mundo que habita, a natureza que, não sendo perturbada, encontra-se em harmonia e equilíbrio imutáveis. Nada há aqui a não ser romantismo rousseauiano. As espécies consomem seus próprios recursos espaciais e nutricionais, gerando nesse processo lixo tóxico para si mesmas e para seus descendentes. Todo ato de consumo é um ato de produção e todo ato de produção é um ato de consumo. Qualquer animal, quando inspira o precioso oxigênio, expira o venenoso dióxido de carbono – venenoso para ele, mas não para as plantas, que o aproveitam. Conforme observou Mort Sahl certa feita, por mais cruéis e insensíveis que sejamos, toda vez que respiramos fazemos uma flor feliz. Todo organismo priva seus semelhantes de espaço e, quando come e digere, excreta produtos tóxicos em sua própria freguesia. [...] A cada instante as espécies estão criando e recriando, benéfica ou prejudicialmente, suas próprias condições de existência, seu próprio ambiente. (Lewontin, 1997, p. 107-108)

Dessa forma, queremos lembrar que as atividades humanas podem e devem ser vistas como naturais, mas que precisamos atentar para a intensidade com que as alterações estão se dando e, assim, controlar o processo. Novamente nas palavras de Lewontin (1997): “Refazer o mundo é a tarefa universal dos organismos vivos, tarefa que está inextricavelmente ligada à sua natureza. Melhor que isso, temos de decidir em que tipo de mundo queremos viver e depois tentar controlar o processo de mudança o máximo que pudermos’.

3. O AQUECIMENTO GLOBAL

O livro “**Aquecimento global: frias contendidas científicas**”, organizado por José Eli da Veiga e publicado em 2008, traz duas visões científicas contrárias sobre o aquecimento global: a primeira, a favor da posição do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*), e a segunda, contra. São dois capítulos nos quais os cientistas abordam os fundamentos da controvérsia no âmbito das ciências naturais.

No primeiro capítulo, escrito por Sonia Barros de Oliveira, professora titular do Instituto de Geociências da USP, temos os argumentos a favor do IPCC, com uma introdução sobre os fatores que condicionam o clima e um panorama das mudanças climáticas observadas no século XX.

O segundo capítulo, escrito por Luiz Carlos Baldicero Molion, professor associado da Universidade Federal de Alagoas, traz uma crítica à hipótese de que o aquecimento global esteja sendo causado por atividades humanas (antrópicas). Ele defende que o IPCC se baseia em resultados de modelos de clima que, através de equações matemáticas, não representam de

forma adequada os processos ocorridos na atmosfera e que é mais provável que o planeta sofra um resfriamento global nos próximos vinte anos do que um aquecimento.

Para que tenham acesso a este importante debate científico, faremos agora um breve resumo dos capítulos 2 e 3 do referido livro.

Capítulo 2: Base científica para a compreensão do aquecimento global, por Sonia Barros de Oliveira. (Resumo preparado por Maria Daniela Martins Guimarães).

O texto inicia-se com a explicação de que o aquecimento global é atualmente referido como a elevação da temperatura média da superfície da Terra em pouco menos de 1 grau Celsius nos últimos cem anos e é um exemplo específico de um fenômeno mais amplo, a “mudança do clima”. Existem muitas indicações de que o aquecimento global esteja ocorrendo devido às atividades humanas, principalmente as que emitem gases de efeito estufa, como a queima do petróleo e do carvão. Mas é preciso considerar a complexidade do sistema climático e admitir que pode haver outras causas para as variações de temperatura observadas. Por isso, o debate entre os cientistas continua.

Atualmente, o IPCC representa o consenso da maioria da comunidade científica internacional que estuda as mudanças climáticas. O seu último relatório sustenta fortemente que o aumento global de temperatura observado no século XX foi causado pelas atividades antrópicas. Esse relatório deve ser visto como uma síntese cuidadosamente elaborada, com base nas melhores evidências científicas disponíveis na literatura especializada, também aberta à discussão e à revisão, sob novos dados e hipóteses.

O Sistema Climático

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization – WMO), o clima é definido como a descrição estatística (valores médios e variabilidade) da temperatura, precipitação e velocidade dos ventos em um período de tempo de trinta anos. O sistema climático é formado por cinco componentes maiores (ar, água, gelo, terra e vegetação, além das interações entre eles) e sofre a influência de sua própria dinâmica interna e de fatores externos naturais - como as erupções vulcânicas e as variações da energia emitida pelo Sol -, ou antrópicos - como as mudanças na composição da atmosfera e as mudanças no uso da terra.

A energia emitida pelo Sol é determinante para o sistema climático terrestre, principalmente sob a forma de luz visível. A parte dessa energia (medida através do fluxo energético por unidade de área, em watts por metro quadrado – W/m^2) que é refletida de volta para o espaço constitui o “albedo” terrestre, que é a medida do brilho da Terra vista do espaço. Já do total da radiação solar que é absorvida e reemitida como calor (radiação infravermelha), equivalente a $235 W/m^2$, três quartos são absorvidos pela superfície ($168 W/m^2$) e um quarto ($67 W/m^2$), pelas nuvens e vapor d’água da atmosfera. Essa radiação aquece a Terra e a troposfera (parte inferior da atmosfera), e fornece energia para as trocas de calor entre as partes componentes do sistema climático, principalmente através da circulação atmosférica e oceânica.

Como a Terra recebe energia do Sol de forma contínua e mantém uma temperatura média de $14^\circ C$, ela precisa perder para o espaço a mesma quantidade de energia que absorve. Essa perda ocorre principalmente sob forma de calor, mas não diretamente. Parte do calor que é absorvido, quando reemitido, é absorvido pelos gases do efeito estufa e emitido novamente para a superfície.

Assim, para alterar essa dinâmica e modificar a temperatura de equilíbrio, existem três maneiras: (1) variar a energia solar incidente por alterações na órbita da Terra e no próprio Sol; (2) variar a fração da radiação refletida (albedo) por mudanças na cobertura de nuvens, pela presença de aerossóis atmosféricos, etc.; ou (3) variar a radiação infravermelha emitida pela Terra pela variação no teor dos gases de efeito estufa. Por meio de um mecanismo de retroalimentação, o clima responde a essas alterações, seja direta ou indiretamente.

Variações na energia solar incidente

Os ciclos de Milankovitch, que ocorrem devido à distância da Terra ao Sol e da inclinação do eixo de rotação da Terra, causam a variação da quantidade e da distribuição da energia solar na Terra. As manchas solares também influenciam a energia incidente na superfície da Terra, por causar a variação na atividade solar (energia emitida pelo Sol, e há evidências de que a atividade solar está aumentando. A refletividade da radiação solar depende do albedo da Terra, que apresenta uma média de cerca de 30%, mas varia de 90% a 5%, dependendo da superfície considerada. Por exemplo, superfícies cobertas de neve apresentam elevados valores de refletividade (superfícies claras), enquanto florestas apresentam valores bem menores (superfícies escuras).

Outro fator que causa variação relacionada à energia solar incidente é o efeito estufa. Como sabemos, existem gases na atmosfera que são capazes de absorver a radiação emitida pela superfície terrestre, o que aumenta a temperatura da Terra. Sem esse efeito, nosso planeta seria gelado e impróprio para a vida como a conhecemos. Alguns dos gases de efeito estufa são denominados 'de longa vida' porque permanecem por algumas décadas na atmosfera, como o CO₂ (gás carbônico), o CH₄ (metano) e o N₂O (óxido nitroso). Essa permanência prolongada possibilita que sua distribuição na atmosfera seja homogênea e sua influência no clima seja de longo prazo. Por outro lado, o vapor d'água, que é o mais poderoso gás de efeito estufa, individualmente, apresenta uma concentração na atmosfera muito variável e dependente da temperatura, através de um importante mecanismo de retroalimentação. Outros gases, ainda, também são de efeito estufa, como o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, os clorofluorcarbonos (CFCs) e o ozônio.

O vapor d'água funciona como um mecanismo de retroalimentação positivo poderoso e praticamente instantâneo em relação à temperatura: quanto maior a temperatura, mais vapor d'água na atmosfera, maior o efeito estufa e, conseqüentemente, maior é o aquecimento e vice-versa. Outro importante mecanismo de retroalimentação positivo é o que envolve o albedo da Terra: quanto maior a temperatura, maior é o degelo nos pólos, com o gelo dando lugar a terra ou ao oceano – que possuem albedo menor que o do gelo – e, com isso, a temperatura tende a se elevar mais, o que causará mais degelo, alimentando o processo.

Evidências da mudança do clima no século XX

Sinais das mudanças climáticas puderam ser melhor percebidos a partir de meados do século XIX, quando o número de estações meteorológicas nos continentes e oceanos cresceu bastante. Com isso, foi possível traçar detalhadas séries temporais das variáveis climáticas, especialmente da temperatura, e foi observado que os resultados relativos aos últimos 157 anos indicam que as temperaturas médias globais da superfície aumentaram no século XX.

O gráfico 1 mostra as variações de temperatura em graus Celsius para esse período e pode-se observar que o aumento de temperatura não foi linear no tempo, mas acelerou-se nas últimas décadas. De acordo com os estudos, a velocidade do aquecimento nos últimos cinquenta anos (0,13°C por década) é quase o dobro da velocidade registrada para os últimos cem anos (0,07°C por década).

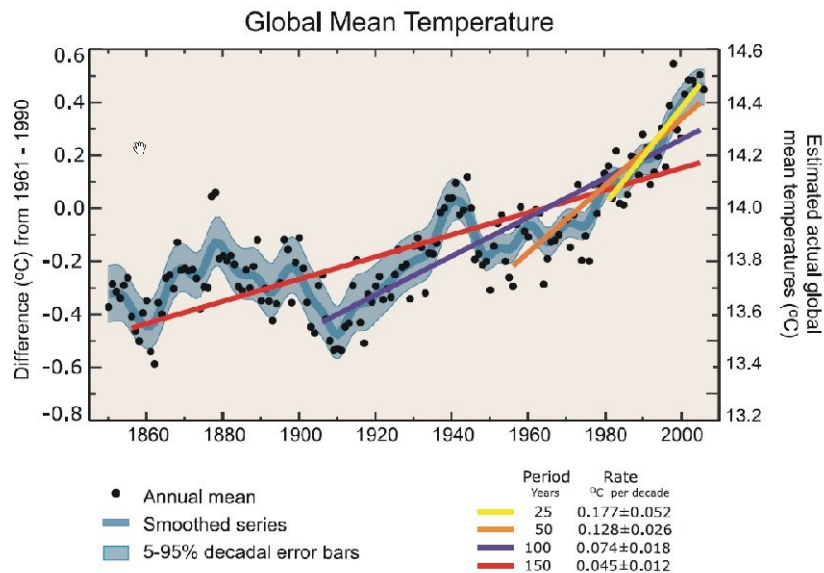


Gráfico 1: Variações da temperatura observadas no período de 1850 a 2000. Fonte: IPCC, 2007.

De modo geral, o aquecimento foi maior nos continentes que nos oceanos, em decorrência da maior inércia térmica da água. Por isso, o maior aquecimento registrado ocorreu nas altas latitudes do hemisfério Norte, que possui maior massa continental que o hemisfério Sul. E um aquecimento adicional ocorreu nas áreas urbanas, com o chamado efeito das ilhas de calor, que é muito limitado em extensão e pouco significativo na escala global.

Existem também sinais de aquecimento da troposfera no período de 1958 a 2005, em uma velocidade comparável à velocidade do aquecimento da superfície terrestre. A partir de 1979, o aquecimento da superfície foi de 0,16°C a 0,18°C por década, enquanto que na troposfera foi de 0,12°C a 0,19°C. Por outro lado, a baixa estratosfera vem mostrando resfriamento entre 0,3°C e 0,6°C por década desde 1979. Esse padrão está de acordo com as previsões teóricas, sendo uma forte indicação de que existe, de fato, uma relação de causa e efeito entre o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera e o aquecimento global.

Sabemos que os oceanos possuem um papel muito importante no clima e nas mudanças climáticas por acumularem a maior parte da energia do sistema. No período de 1961 a 2003, os oceanos registraram aumento de temperatura de 0,10°C da superfície até a profundidade de 700m e isso foi acompanhado por um aumento do nível médio do mar de cerca de 8cm. Nos últimos anos, a expansão térmica dos oceanos e o derretimento do gelo contribuíram, cada um, com cerca de 50% da elevação do nível do mar. Além disso, a quantidade de carbono inorgânico total dos oceanos aumentou, provavelmente devido à absorção de parte do CO₂ atmosférico emitido pela atividade humana e, com isso, os oceanos tornaram-se ligeiramente mais ácidos. O decréscimo do pH das águas e o aumento de temperatura reduzem a capacidade dos oceanos atuarem como tampão para absorver os excessos de CO₂ atmosférico.

Atualmente o gelo cobre aproximadamente 10% dos continentes, principalmente na Antártida e na Groelândia, e 7% dos oceanos. Como o albedo do gelo é altíssimo, em torno de 90%, as mudanças na cobertura de gelo possuem alto impacto nos processos climáticos.

Os estudos mostram que houve decréscimo na cobertura de gelo no planeta, medido através de satélites a partir de 1978. O gelo nas montanhas declinou na América do Norte, nos Alpes e na Austrália, mas em alguns casos, como no Monte Kilimanjaro, estudos mostraram que a retração do gelo registrada desde 1880 não se deu por aumento de temperatura na atmosfera, e sim devido à insolação em uma das faces da montanha.

Ao contrário do gelo continental, mudanças no gelo marinho não influenciam diretamente no aumento do nível do mar, porque esse gelo flutua na água. Mas o seu derretimento pode contribuir para mudanças na salinidade do mar, devido ao acréscimo de água doce.

Em relação às chuvas, os estudos mostram que estão ocorrendo mudanças na quantidade, intensidade, frequência e tipo de precipitação no último século. Sabemos que as características da precipitação apresentam grandes variações e dependem, em larga medida, dos padrões de circulação atmosférica, que são determinados por fenômenos como o El Niño. Embora as chuvas tenham aumentado em muitas áreas do globo, em média, as regiões afetadas pelas secas também aumentaram. No entanto, eventos de fortes precipitações tornaram-se mais frequentes mesmo em locais onde a precipitação total diminuiu. E nos trópicos, principalmente, aumentaram os eventos de seca prolongada e as inundações. Além disso, a ocorrência de ciclones tropicais e de maremotos aumentou, tendo sido registrado o primeiro ciclone tropical no Atlântico sul, ocorrido em março de 2004, na costa brasileira.

Evolução da forçantes radioativas¹² entre 1750 e 2005

As atividades humanas alteraram significativamente a composição da atmosfera, levando ao aumento das concentrações dos gases de efeito estufa e aerossóis. E as maiores contribuições são atribuídas à queima de carvão, petróleo e gás, a partir do final do século XVIII, com o início da era industrial.

A partir da década de 1750, as emissões de gás carbônico devido à queima de combustíveis fósseis e à manufatura do cimento foram responsáveis por 75% do aumento dos teores do CO₂ atmosférico. O restante é resultado das mudanças no uso da terra, principalmente a queima de áreas de florestas. A evidência mais forte de que o aumento do teor de CO₂ na atmosfera é causado pelas atividades humanas é a assinatura isotópica desse carbono, que tipicamente possui maior quantidade de carbono leve. Isso porque os processos biológicos que geram os combustíveis fósseis dão ligeira preferência ao isótopo de carbono mais leve (¹²C) em relação ao mais pesado (¹³C). Assim, a assinatura isotópica do carbono atmosférico, quando apresenta uma razão ¹²C/¹³C mais alta que aquela encontrada no carbono proveniente dos oceanos e das emissões vulcânicas, indica sua inequívoca origem: os combustíveis fósseis.

A partir do século XX, a quantidade de metano da atmosfera gerada pela atividade humana excedeu aquela gerada pelas fontes naturais (pântanos, principalmente). As principais fontes desse metano antropogênico são as culturas do arroz, a criação de gado e os depósitos de lixo. No entanto, estudos indicam que a velocidade de aumento do metano na atmosfera está decrescendo nas últimas décadas, por razões ainda não compreendidas.

Em relação ao óxido nítrico na atmosfera, as quantidades provenientes de fontes antrópicas e de fontes naturais é, aproximadamente, a mesma. São fontes naturais de óxido nítrico os oceanos, os solos e a oxidação da amônia na atmosfera. Já as fontes antrópicas são o uso de fertilizantes, a queima da biomassa e a criação de gado. Da era pré-industrial ao ano de 2005, a concentração de N₂O variou de 260 a 319 ppbv (partes por bilhão em volume).

Os CFCs são exclusivamente produtos da atividade humana e têm influência indireta sobre o clima pela destruição do ozônio estratosférico. Já a emissão direta de vapor d'água na atmosfera por atividades antrópicas, como a irrigação, não é significativa e seu importante papel como gás de efeito estufa é estritamente dependente da temperatura. Portanto, sua concentração na atmosfera não é diretamente afetada pela ação humana. Finalmente, o papel dos aerossóis no resfriamento da atmosfera ainda não é bem compreendido, restando grandes incertezas tanto nas medidas como no modelamento dos processos envolvidos.

De modo geral, os estudos apontam para uma maior influência dos fatores antrópicos do que os naturais, como o aumento da atividade solar. No entanto, as incertezas permanecem no que diz respeito à evolução temporal de cada um dos fatores envolvidos na questão, devido, principalmente, às incertezas nas respostas dos modelos. Outra fonte de incerteza é a estimativa da variabilidade climática natural, necessária para contextualizar as mudanças climáticas atuais. A coleta de dados sistemática, através dos instrumentos de medida dos fatores de influência, que cobre aproximadamente os dois últimos séculos, não é suficiente para oferecer um quadro satisfatório da variabilidade climática natural. Por isso, é necessário

¹² Forçante radioativa é uma medida da influência de um fator na alteração do balanço radioativo do sistema Terra-atmosfera. Aqui, podemos entendê-la como um fator que interfere no funcionamento do sistema climático como um todo.

estender o registro da variabilidade climática para tempos mais remotos e é isso que os estudos paleoclimáticos fazem.

A perspectiva paleoclimática

A Paleoclimatologia realiza a reconstrução do clima do passado, a partir de dados instrumentais e de indicadores indiretos, que são registros que podem ser datados, medidos e interpretados como representantes de variações de parâmetros climáticos. Um exemplo de indicador natural utilizado para a reconstituição paleoclimática são os anéis de crescimento de árvores, que fornecem informações sobre a variação anual da temperatura e da precipitação. Existem também os documentos históricos, que constituem outra categoria de indicadores e trazem, direta ou indiretamente, informações sobre os climas de determinadas épocas. No entanto, para avançar mais nos estudos, a Paleoclimatologia vem utilizando outros indicadores: os testemunhos do gelo e os sedimentos marinhos. Os primeiros fornecem informações sobre as temperaturas globais e os teores de gases na atmosfera de 650 mil anos atrás até o presente, através da análise de minúsculas bolhas de ar presas no gelo. Já os sedimentos marinhos informam sobre temperatura, salinidade, circulação oceânica, CO_2 atmosférico e volume das geleiras na escala de dezenas de milhões de anos.

Os últimos 650 mil anos

O clima dos últimos 650 mil anos foi reconstruído a partir do estudo de um cilindro de gelo coletado em 1999 na Antártida por uma equipe de paleoclimatologistas europeus. O cilindro ficou conhecido como Dome C e possibilitou que fossem traçadas as curvas de variação da temperatura e do teor dos gases de efeito estufa ao longo do tempo (Gráfico 2).

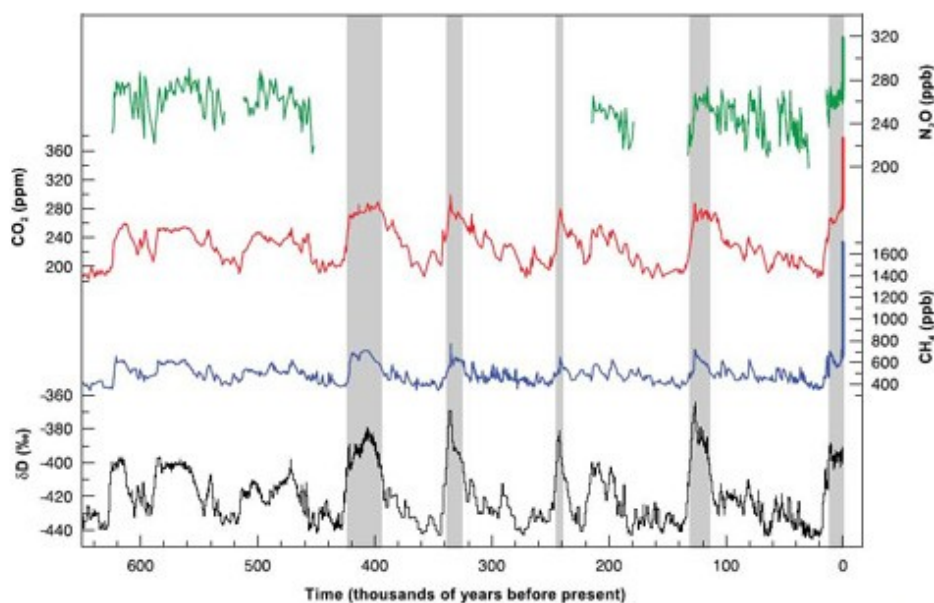


Gráfico 2: Dados provenientes do cilindro de gelo de Épica C, na Antártida, que abrange um intervalo temporal de quase 700 mil anos. Fonte: IPCC, 2007.

Os resultados desse estudo indicaram que, nos últimos 650 mil anos, oito ciclos climáticos se completaram, com períodos glaciais de duração média de 80 mil anos, e interglaciais mais curtos, com duração média de 20 mil anos. As causas dessas flutuações climáticas não são completamente entendidas, mas acredita-se que estão relacionadas às variações dos parâmetros orbitais (dos ciclos de Milankovitch). Atualmente, vivemos um período interglacial, que se iniciou há cerca de 12 mil anos.

Os registros do Dome C mostraram variações nas concentrações de gás carbônico, metano e óxido nítrico ao longo do tempo e nos trazem duas importantes mensagens: primeiro, que os teores desses gases na atmosfera variaram pouco até a época da Revolução Industrial (CO_2 : 180-300 ppmv [partes por milhão em volume]; CH_4 : 350-773 ppbv; N_2O : 200-280 ppbv).

E segundo, que existe uma forte correlação entre os teores dos gases de efeito estufa e as temperaturas ao longo do intervalo de tempo considerado. No entanto, devido a um atraso entre o aumento/diminuição de temperatura e o crescimento/redução das concentrações dos gases, não é possível concluir que as variações sofridas nos teores dos gases de efeito estufa sejam a causa direta das flutuações glaciais-interglaciais. Mas pode-se afirmar que tais variações contribuem com a ampliação das oscilações de temperatura. Um aquecimento inicial causado por fatores orbitais, por exemplo, é intensificado à medida que aumenta a concentração dos gases de efeito estufa.

O clima atual visto da perspectiva paleoclimática

A respeito das mudanças do clima ocorridas durante o século XX, temos uma constatação marcante: os teores de gases de efeito estufa, principalmente o CO₂, nunca atingiram valores tão altos nos últimos 650 mil anos.

Apesar de não existirem evidências de que as temperaturas tenham estado globalmente mais altas do que as de agora, pelo menos desde o início do Holoceno, temos uma situação anômala em relação à temperatura no século XX: a velocidade das mudanças. A taxa de aumento de temperatura foi dez vezes mais rápida no século XX do que no final dos períodos glaciais, quando levava cerca de 5 mil anos para atingir um aquecimento de 4°C a 7°C.

Causas da mudança climática atual

Os estudos sobre as causas do aumento de temperatura no século XX são realizados com a utilização de modelos numéricos que, partindo de certas condições iniciais, reproduzem a evolução da temperatura, considerando um conjunto de fatores naturais e antrópicos envolvidos na situação.

De modo geral, são incorporados como fatores antrópicos: os principais gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O), o ozônio troposférico e estratosférico e as emissões de gases de enxofre, que aumentam o albedo planetário e, assim, tendem a diminuir a temperatura. E como fatores naturais: a variação na quantidade de aerossóis estratosféricos que se segue às erupções vulcânicas explosivas e as mudanças na irradiação solar.

Embora tanto os fatores naturais como os antrópicos sejam necessários para a elaboração dos modelos que possibilitam a reprodução, de modo geral, da curva de evolução das temperaturas do século XX, os fatores antrópicos são dominantes no período de 1970 a 2000. De acordo com os estudos, o resultado isolado dos fatores naturais (irradiação solar e erupções vulcânicas), provavelmente teria produzido resfriamento e não aquecimento. É importante colocar também que os aerossóis antropogênicos contribuíram para que o aquecimento não fosse mais intenso do que tem sido.

Projeções para o clima do século XXI

Os modelos são as principais ferramentas utilizadas para a compreensão e identificação das causas das variações climáticas passadas e, sobretudo, para as projeções futuras. Hoje, conseguimos uma considerável confiança nos modelos climáticos, que nos fornecem estimativas quantitativas de mudanças futuras, especialmente em escalas continentais. Essa confiança é baseada na forte fundamentação teórica, a partir de leis físicas bem estabelecidas; no aumento da base de dados observacionais, principalmente os provenientes de satélites; no avanço computacional, que permitiu que os modelos se tornassem cada vez mais complexos; e na possibilidade de comparação entre as diferentes simulações realizadas.

No entanto, para algumas variáveis climáticas, como a temperatura, o nível de confiança é maior que para outras, como a precipitação, devido a dificuldades com a representação de processos de pequena escala. As nuvens, por sua natureza transitória e propriedades tão variáveis, constituem a maior fonte de incertezas nos modelos de simulação das mudanças climáticas. Elas cobrem aproximadamente 60% da superfície terrestre e são responsáveis por dois terços do albedo – portanto, muito importantes no sistema climático. Para se ter uma idéia, um decréscimo de apenas 1% do albedo da Terra causaria um aumento

de 1°C na temperatura de equilíbrio, o que é muito significativo, pois corresponde ao efeito, um pouco menor, de se aumentar em duas vezes a concentração do CO₂ atmosférico!

A partir dos cenários futuros projetados no Relatório do IPCC de 2007, considerando diferentes previsões para as emissões dos gases de efeito estufa para a atmosfera, podemos fazer algumas importantes considerações.

Primeiro, em um cenário em que a composição atmosférica do ano 2000 é mantida, a temperatura continuaria a crescer cerca de 0,1°C por década, nas próximas duas décadas, e chegaria a aumentar 0,6°C no período de 2090 a 2099, em relação a 1980-1999. Nos demais cenários, considerando o aumento do CO₂ atmosférico em todos eles e diferenciando a situação do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico e tecnológico, basicamente, as temperaturas e o nível do mar ficariam substancialmente mais altos do que os atuais. Os resultados nos mostram que, mesmo com uma redução imediata das emissões de CO₂ em 50%, a sua concentração na atmosfera levaria mais de dois séculos para se estabilizar.

Assim, o que podemos esperar com o aquecimento global, a partir dos modelos e cenários projetados, é que, além do aumento da temperatura e do nível dos mares, as geleiras de montanhas e o gelo da Groenlândia deverão perder massa, não compensada por precipitações em forma de neve; o gelo marinho deverá sofrer diminuições; as precipitações aumentarão nas altas latitudes e decrescerá nas regiões subtropicais e tropicais; o número, a duração e a intensidade de eventos climáticos extremos deverão aumentar.

Um outro aspecto preocupante previsto nos modelos é o aumento da acidez dos oceanos. O declínio considerável do pH em relação aos valores atuais terá como consequência uma diminuição na eficiência de absorção do CO₂ atmosférico. Nos últimos dois séculos, pouco menos da metade de todo o CO₂ emitido pelas atividades humanas foi absorvido pelos oceanos e pela vegetação continental.

Um dos maiores desafios atuais da ciência do clima é aperfeiçoar os modelos, para que as simulações das mudanças climáticas regionais sejam melhoradas. Mas devemos considerar os resultados que já possuímos, que indicam que, mesmo para uma concentração de equilíbrio relativamente baixa dos gases de efeito estufa, ficando na faixa de 450 ppm (partes por milhão), o aumento de temperatura esperado será, em longo prazo, de 2,1°C. Aumentos de temperatura maiores que isso tornariam a mudança de clima perigosa, com consequências negativas para a estrutura dos ecossistemas, a biodiversidade e o suprimento de água e de alimentação. Se pensarmos que, se as emissões ficassem constantes no nível do ano 2000, chegaríamos em 2100 com concentrações dos gases de efeito estufa em cerca de 520 ppmv, fica claro o risco de mudanças climáticas significativas, no caso de não conseguirmos diminuir as emissões.

Capítulo 3: **Aquecimento global: uma visão crítica**, por Luiz Carlos Baldicero Molion. (Resumo preparado por Maria Daniela Martins Guimarães)

Molion começa por explicar que existem evidências de que o clima, no período de aproximadamente 800 a 1200 d.C., era mais quente do que é hoje. Naquela época, os nórdicos colonizaram as regiões do norte do Canadá e uma ilha, que foi chamada de Groenlândia, que quer dizer “Terra Verde” e que hoje é coberta de gelo. Já entre 1350 e 1850, o clima se resfriou, alcançando temperaturas de até cerca de 2°C inferiores às de hoje – período que foi descrito na literatura como “Pequena Era Glacial”. Após esse período, o clima começou a se aquecer lentamente e as temperaturas se elevaram. Portanto, para o autor, não existem dúvidas de que ocorreu um aquecimento global nos últimos 150 anos, mas a questão que se coloca é se o aquecimento observado é natural ou antropogênico.

A fonte primária de energia para o planeta Terra é o Sol, que emite radiação eletromagnética (energia) em comprimentos de ondas curtas e longas, sendo a maior parte de

ondas curtas. O albedo planetário (radiação de ondas curtas incidente no planeta que é refletida de volta para o espaço exterior, atualmente de 30%) é resultante da variação da cobertura e do tipo de nuvens; da concentração de aerossóis e partículas em suspensão no ar; e das características da cobertura da superfície, como gelo/neve (90% de reflexão), florestas (12%) e oceanos/lagos (10%). Portanto, quanto menor o albedo, maior a entrada de radiação, maior o aquecimento do sistema terra-atmosfera, e vice-versa.

O fluxo de radiação de ondas curtas que não é refletido de volta para o espaço, passa através da atmosfera terrestre e boa parte dele é absorvida pela superfície, que se aquece. Porém, a superfície emite de volta radiação em outros comprimentos onda, chamada de radiação de ondas longas, que é absorvida por gases presentes na atmosfera, como o vapor d'água (H_2O), o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4), o ozônio (O_3), o óxido nitroso (N_2O) e compostos de clorofluorcarbono (CFC). Esses gases, por sua vez, emitem radiação de ondas longas em todas as direções, inclusive de volta em direção à superfície e ao espaço exterior. Sua absorção/emissão pelas várias camadas atmosféricas reduz a perda da radiação emitida pela superfície que escaparia para o espaço exterior, e constitui o chamado "efeito estufa".

Dos gases de efeito estufa, o vapor d'água é o principal e sua concentração é extremamente variável no espaço e tempo. O gás carbônico é o segundo em importância, com concentração até 100 vezes inferior à do vapor d'água, e tem causado grande polêmica, devido a sua concentração que, embora baixa, aumentou de 315 ppmv em 1958, para 379 ppmv em 2005 (taxa de crescimento de 0,4% ao ano). Esse crescimento vem sendo atribuído às emissões decorrentes das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e florestas tropicais. O metano, que também vinha mostrando um significativo aumento de 1% ao ano, atribuído às atividades agropecuárias, teve sua taxa de crescimento anual diminuída e estabilizada a partir de 1998, inexplicavelmente. Os gases restantes apresentam concentrações pequenas, mas parecem estar também aumentando.

O efeito estufa faz com que a temperatura média global do ar, próximo à superfície da Terra, seja de aproximadamente 15°C. Caso ele não existisse, a temperatura da superfície seria 18°C abaixo de zero! Ou seja, o efeito estufa é responsável por um aumento de 33°C na temperatura da superfície da Terra e é benéfico para o planeta, pois gera condições que permitem a existência da vida como a conhecemos.

Um aquecimento do clima global ocorreria, por exemplo, ou pela redução do albedo planetário, que aumentaria a quantidade da radiação absorvida e passada para a superfície terrestre, ou pela intensificação do efeito estufa, que reduziria ainda mais a quantidade da radiação perdida para o espaço exterior. A hipótese do efeito estufa intensificado é, assim, fisicamente simples: se forem mantidos constantes a produção de energia solar e o albedo planetário, quanto maior forem as concentrações dos gases de efeito estufa, menor será a fração de radiação emitida pela superfície que escapará para o espaço e, conseqüentemente, mais alta a temperatura do planeta.

A concentração de CO_2 passou de 280 ppmv, antes da Revolução Industrial, para os atuais 380 ppmv, um aparente aumento de 35% em sua concentração nos últimos 150 anos. Isso daria um aumento na temperatura média global entre 0,5°C e 2,0°C, conforme as simulações feitas por modelos de clima global. No entanto, de acordo com o relatório do IPCC de 2007, o aumento "observado" está entre 0,4°C e 0,7°C. Ou seja, o aumento real está situado no limite inferior dos resultados produzidos pelos atuais modelos climáticos utilizados para testar a hipótese da intensificação do efeito estufa.

Variação da temperatura nos últimos 150 anos

Nos estudos disponíveis sobre as mudanças climáticas, dados de temperaturas do ar para o globo mostram que, entre outras coisas, o aumento de temperatura global entre 1920 e 1946 foi de aproximadamente 0,4°C. No Ártico, em particular, o aumento foi cerca de dez vezes maior nesse período. Já entre 1947 e 1976, houve um resfriamento global de cerca de 0,2°C, não explicado pelo IPCC, e, a partir de 1977, a temperatura média global aumentou aproximadamente 0,4°C. O próprio IPCC concorda que o primeiro período de aquecimento, entre 1920 e 1946, pode ter tido causas naturais, possivelmente o aumento da produção de energia solar e a redução do albedo planetário.

Os registros de temperatura do ar global são obtidos a partir de medições feitas com instrumentos colocados a bordo de satélites e com instrumentos de superfície. Em princípio, satélites são mais apropriados para medir temperatura global, por fazerem médias sobre grandes áreas, incluindo oceanos. Enquanto as estações climatométricas de superfície registram variações de seu microambiente, representando as condições atmosféricas num raio de cerca de 150 metros em seu entorno. Outros dois grandes problemas podem ser apontados sobre as estações climatométricas de superfície: primeiro, a falta de padronização dos instrumentos e suas mudanças ao longo dos 150 anos passados. Depois, o fato de as estações que forneceram as séries mais longas de registros estarem localizadas em cidades que se desenvolveram muito, particularmente, depois da Segunda Guerra Mundial. E isso influencia da seguinte forma: em média, a energia disponível do Sol (calor) é utilizada, em superfícies vegetadas, para a evapotranspiração (que é a evaporação dos solos e das superfícies de água mais a transpiração das plantas) e para o aquecimento do ar durante o dia. Quando ocorre a mudança da cobertura superficial, de campos com vegetação para asfalto e concreto, a evapotranspiração é reduzida e sobra mais calor para aquecer o ar próximo à superfície, o que aumenta a temperatura. Adicione-se, ainda, o calor liberado pelos veículos e pelos edifícios aquecidos. Esse é o chamado “efeito de ilha de calor”, que faz com que as temperaturas do ar sejam, em média, 3°C a 5°C maiores nos grandes centros urbanos, quando comparadas às de suas redondezas. Nos estudos realizados, os dados costumam ser “ajustados” para compensar o efeito da urbanização nas séries de temperatura, porém são utilizados fatores (ou algoritmos matemáticos) de correção que não são necessariamente apropriados ou representam a realidade, já que esse procedimento é subjetivo e, portanto, questionável. Sendo assim, se torna impossível retirar o efeito de ilha de calor das séries de temperaturas urbanas. Uma das possibilidades que se apresenta, portanto, é a de que o aquecimento, a partir de 1977, seja, em parte, resultante da urbanização em torno das estações climatométricas. Ou seja, um aquecimento local e não global.

E finalmente, outro aspecto muito importante é que as séries de 150 anos são curtas para capturar a variabilidade de prazo mais longo do clima. O início das séries instrumentais de temperatura de 150 anos utilizada pelo IPCC coincide com o período da “Pequena Era Glacial”, que foi um período frio e bem documentado, e isso leva à conclusão errônea de que as temperaturas atuais sejam muito altas ou “anormais” para o planeta.

Assim, pode-se concluir que existem problemas de representatividade, tanto espacial quanto temporal, das séries de temperatura registradas na superfície da Terra e que estações climatométricas de superfície são inadequadas para determinar a temperatura média global da atmosfera terrestre.

Gases de efeito estufa

Em seu Relatório, o IPCC utilizou as concentrações de CO₂ medidas em Mauna Loa, Havaí, cuja série foi iniciada por Charles Keeling em 1957 e 1958. Essa série foi estendida para os últimos 420 mil anos e utilizou as estimativas de concentração de CO₂ obtidas das análises da composição química das bolhas de ar, aprisionadas nos cilindros de gelo que foram retirados da Antártida, na Estação de Vostok, por perfuração profunda (até cerca de 3.600m). O Gráfico 3 mostra a evolução temporal da temperatura e da concentração de CO₂, obtidas com os cilindros de gelo de Vostok, e foi bastante explorada no documentário “Uma verdade inconveniente”, protagonizado por Al Gore.

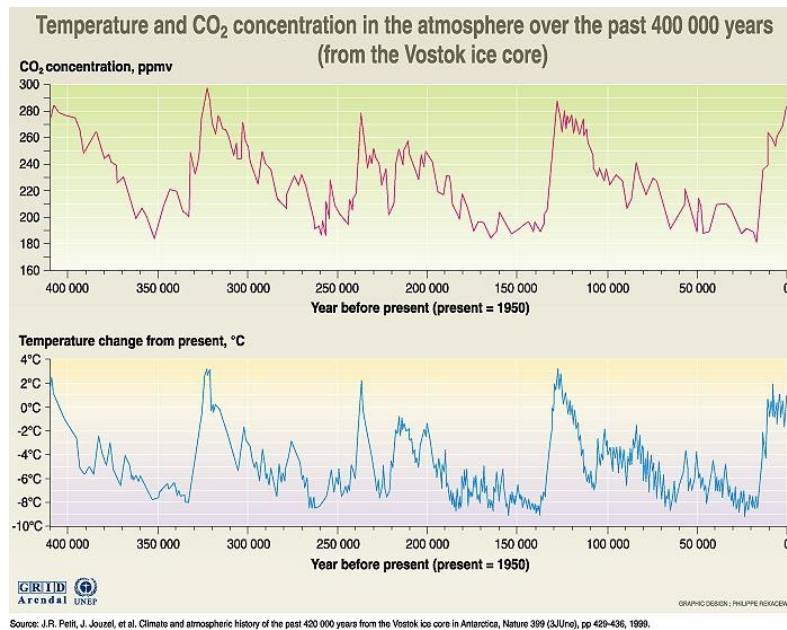


Gráfico 3: Variação da concentração de CO₂ e dos desvios de temperatura nos últimos 400.000 anos, obtida dos cilindros de gelo da Estação de Vostok, Antártida. Fonte: <http://maps.grida.no/go/graphic/temperature-and-co2-concentration-in-the-atmosphere-over-the-past-400-000-years>

No gráfico 3, a curva superior é a concentração de CO₂ e a inferior é a de variação da temperatura do ar. Uma análise cuidadosa dessa figura mostra, claramente, que a curva de temperatura apresentou quatro picos acima da linha de zero, que representam os períodos interglaciais passados - períodos mais quentes, que separam as eras glaciais, como o que estamos vivendo. Podemos perceber, observando esses picos, que as temperaturas dos interglaciais passados parecem ter sido superiores às do presente período interglacial, enquanto as concentrações de CO₂ correspondentes foram inferiores a 300 ppmv. Lembrando que a concentração atual desse gás atingiu cerca de 380 ppmv, pode-se concluir que as concentrações de CO₂, aparentemente, não foram responsáveis pelas temperaturas altas dos períodos interglaciais passados.

Além disso, segundo estudo do glaciologista Zbigniew Jaworowski, nunca foi demonstrado que a metodologia dos cilindros de gelo tenha gerado resultados confiáveis e, segundo o mesmo, tal metodologia apresenta uma tendência a resultar em concentrações de CO₂ de 30% a 50% abaixo das reais, por vários motivos. Um dos motivos é a hipótese de que a composição química e isotópica original do ar na bolha aprisionada no gelo permaneça inalterada por milhares de anos. Essa hipótese não é verdadeira, pois as reações químicas ocorrem, além da difusão de ar nas bolhas. Portanto, concentrações obtidas com os cilindros de gelo não podem ser comparadas com as medidas atualmente feitas por instrumentos.

Dessa análise, podemos concluir que existiram outras causas físicas responsáveis pelo aumento de temperatura verificado nesses interglaciais passados, que não a intensificação do efeito estufa pelo CO₂. Ou então, que as concentrações de CO₂ das bolhas de ar no gelo tendem, sistematicamente, a serem subestimadas e, de fato, não representam a realidade da época em que foram aprisionadas.

Diferente do que deixa parecer o Relatório do IPCC, quando usa apenas a série de Mauna Loa para as suas análises, outras medições da concentração de CO₂ foram feitas antes de 1957. Em fevereiro de 2007, o biólogo alemão Ernst Beck catalogou um conjunto de mais de 90 mil medições diretas de CO₂ de 43 estações do hemisfério Norte, obtidas entre 1812 e 2004. Essas medições foram feitas por vários pesquisadores renomados, inclusive ganhadores de Prêmio Nobel. Nesse trabalho, consta que a concentração de CO₂ ultrapassou o valor de 379 ppmv várias vezes no século passado, principalmente no período de 1940 a 1942, antes do início das medições em Mauna Loa. Isso contradiz a afirmação do IPCC de que a concentração de 379 ppmv, registrada em 2005, tenha sido a maior dos últimos 650 mil anos!

Outro ponto ainda importante a ser considerado é que não existem evidências de que o CO₂ armazenado na atmosfera seja originário de emissões antrópicas. Um dos argumentos utilizados para comprovar que o aumento da concentração de CO₂ é antropogênico é a redução da razão ¹⁴C/¹²C. O carbono 14 é radioativo e apresenta uma meia-vida de 5730 anos. Não há mais ¹⁴C nos combustíveis fósseis, uma vez que eles foram produzidos há milhões de anos. Assim, sua queima liberaria mais carbono 12 e, por este motivo, a razão ¹⁴C/¹²C teria decrescido em 2% nos últimos 150 anos. No entanto, a formação do carbono 14 se dá pela incidência de raios cósmicos galácticos (partículas de alta energia provenientes do espaço sideral, cuja incidência é maior durante períodos de baixa atividade solar) na atmosfera e, portanto, quando o sol está mais ativo, como na primeira metade do século XX, a entrada de raios cósmicos é reduzida, formando menos ¹⁴C. Essa deve ter sido a possível causa da redução de 2% da razão ¹⁴C/¹²C.

Modelos de clima global

Modelos de clima global (MCG) são programas de computador que utilizam equações ou expressões matemáticas para representar os processos físicos diretos e os de retroalimentação e/ou interação entre os diversos componentes do sistema terra-oceano-atmosfera, com a finalidade de simular ou avaliar a resposta do sistema climático sob uma dada situação de aumento ou diminuição do fluxo de energia.

Existem sérios problemas com as simulações dos MCGs e isso é conhecido pela comunidade meteorológica. É comum que esses modelos apresentem dificuldade em reproduzir as características principais do clima atual - como temperatura média global, diferença de temperatura entre equador e pólo, entre outras -, se não for feito o que é chamado de “sintonia” ou “ajustes”. Esses “ajustes”, muitas vezes feitos com algoritmos físico-estatísticos, dependem da intuição física do modelador e, portanto, podem não representar a realidade física e serem questionados.

Um dos problemas cruciais nos MCGs são as nuvens e os aerossóis, processos físicos que são mal-simulados. As nuvens altas (tipo “cirro”) são mais tênues, constituídas basicamente por cristais de gelo, e tendem a aquecer o planeta, pois permitem a passagem da radiação de ondas curtas, mas absorvem fortemente a radiação de ondas longas. Ou seja, nuvens cirros intensificam o efeito estufa. Por outro lado, nuvens baixas (tipo “estrato”), mais espessas, tendem a esfriar a Terra, pois aumentam o albedo planetário.

De forma geral, os modelos tendem a produzir mais nuvens cirros nas regiões tropicais, resultantes de umidade transportada pelas correntes de ar associadas a nuvens de tempestades e, com isso, amplificar o aquecimento nessas regiões. Mas estudos mostraram, usando dados de satélites, que a cobertura de nuvens cirros diminuiu durante o pico da estação chuvosa em regiões tropicais e, como consequência, há maior perda de radiação para o espaço exterior, o que resfria o sistema oceano-atmosfera. E isso não é considerado pelos modelos! Na verdade, o IPCC chega a considerar, não com essas palavras, que o aumento de aerossóis e da cobertura de nuvens baixas, por refletirem mais radiação solar de volta para o espaço exterior, pode cancelar o aumento do efeito estufa. Diz isso com base no reconhecimento da incerteza que o efeito das nuvens tem no clima.

Essa discussão não esgota, de maneira alguma, os problemas de modelagem dos processos físicos e as possíveis fontes de erros dos MCGs atuais. Sem dúvida que o desenvolvimento de modelos é fundamental para se adquirir habilidade futura de entender melhor ou mesmo prever o clima, mas deve-se admitir que os modelos atuais são uma representação ainda simples e grosseira da complexa interação entre os processos físicos que controlam o clima do planeta. Portanto, as previsões para os próximos cem anos baseadas em tais modelos podem estar superestimadas e a hipótese do efeito estufa intensificado, aceita pela maioria, pode não ter fundamento sólido.

Variabilidade climática

Além do efeito estufa, outros processos físicos internos ao sistema terra-atmosfera-oceano controlam o clima. Variações da circulação atmosférica associadas às variações da temperatura de superfície do mar - por exemplo, as alterações na frequência de ocorrência de

eventos El Niño - são outras causas de mudanças significativas na temperatura global. Entre 1977 e 1998, a frequência de El Niños intensos foi maior e isso pode ter contribuído para o aquecimento atual. Também, variações na temperatura de superfície do mar, devido às variações de transporte de calor em direção aos pólos (eventos que ainda não são bem conhecidos), devem produzir mudanças climáticas sensíveis. E como os oceanos cobrem 71% da superfície terrestre e a atmosfera é aquecida de baixo para cima, os oceanos se constituem em um fator muito importante para a atmosfera e para o clima global.

Ainda, erupções vulcânicas explosivas lançam grandes quantidades de aerossóis na estratosfera, aumentam o albedo planetário e podem causar resfriamento significativo durante décadas. No período de 1915 a 1956, a atividade vulcânica foi a menor dos últimos quatrocentos anos e o albedo planetário reduziu-se (aumentou a transparência atmosférica), o que permitiu maior entrada de radiação no sistema durante 40 anos consecutivos, aumentou o armazenamento de calor nos oceanos e aumentou as temperaturas superficiais dos oceanos e do ar. É muito provável, portanto, que o aquecimento observado entre 1925 e 1946, que corresponde a aproximadamente 60% do aquecimento verificado nos últimos 150 anos, tenha resultado do aumento da atividade solar, que atingiu seu máximo em 1957-1958, e da redução da atividade vulcânica. Ou seja, resultado de reduções de albedo planetário e aumento da transparência atmosférica, e não do efeito estufa intensificado pelas atividades humanas que, na época, eram responsáveis por menos de 10% das emissões atuais de carbono!

Considerações finais

Em resumo, a variabilidade natural do clima não permite afirmar que o aquecimento de 0,7°C seja decorrente da intensificação do efeito estufa, causada pelas atividades humanas, ou mesmo que essa tendência de aquecimento persistirá nas próximas décadas, como sugerem as projeções produzidas pelo Relatório do IPCC.

O IPCC afirma que a concentração de CO₂ aumentou 35% nos últimos 150 anos. Porém, isso pode ter sido devido a variações internas ao sistema terra-oceano-atmosfera. Sabe-se que a solubilidade do CO₂ nos oceanos depende de sua temperatura com uma relação inversa. Como a temperatura dos oceanos aumentou, devido à redução do albedo planetário e à atividade solar mais intensa entre 1925 e 1946, a absorção de CO₂ pelos oceanos pode ter sido reduzida e mais CO₂ ter ficado armazenado na atmosfera. Assim, não se pode afirmar que foi o aumento de CO₂ que causou o aumento de temperatura. Pode ter sido exatamente o contrário, ou seja, que o CO₂ tenha aumentado em resposta ao aumento de temperatura dos oceanos e do ar adjacente.

As análises da temperatura da superfície do mar para o período 1999-2007 mostraram uma configuração que sugere que o Oceano Pacífico já está em uma nova fase fria, seguindo os padrões de circulação oceânica de escala global. É possível, portanto, que o clima global venha a se resfriar nos próximos vinte anos. A variação da atividade solar nos últimos trezentos anos sugere que até aproximadamente 2030, a atividade solar seja comparável às primeiras duas décadas do século XX. E como o Pacífico está em uma nova fase fria e a atividade solar estará mais baixa, é muito provável que as condições climáticas globais entre 1947 e 1976 venham a se repetir qualitativamente, - um resfriamento global. Dados atuais de temperatura média global mostram que 1998 foi o ano mais quente dos últimos nove anos. Ou seja, o aquecimento global parece ter acabado em 1998!

Reflexões sobre o propagado aquecimento global deixam evidente que o clima do planeta, sem exagero, é resultante de tudo o que acontece no Universo. E o fato do aquecimento, observado entre 1977 e 1998, muito provavelmente ter sido causado pela variabilidade natural do clima, em sua maior parte, não é uma licença para o ser humano continuar a degradar o meio ambiente. Ao contrário, considerando que o aumento populacional seja inevitável num futuro próximo, o bom senso sugere a adoção de políticas de conservação ambiental bem elaboradas, destituídas de dogmatismo, e mudanças nos hábitos de consumo para que a humanidade possa sobreviver. Portanto, a conservação ambiental é necessária e independente de mudanças climáticas, ou seja, do aquecimento ou do resfriamento global.

Depois de tudo que foi exposto aqui, é possível que você esteja com a sensação de que não temos respostas científicas para o momento atual. Por isso, dizemos que estamos vivendo uma crise de conhecimento, junto à crise ambiental atual. E essa crise ambiental nos exige posições, decisões e ações, principalmente políticas.

Acreditamos que, através de um melhor entendimento do nosso planeta, poderemos chegar a uma melhor compreensão da crise ambiental e, dessa forma, abrandar a crise de conhecimento. Assim, as decisões necessárias para o enfrentamento dos problemas que se apresentam poderão ser tomadas de forma mais satisfatória. E pode ser que esse melhor entendimento se dê a partir da visão sistêmica da Terra, ou seja, o planeta visto como um sistema único de interações, que apresenta uma dinâmica integrada de funcionamento.

4. A TERRA EM UMA VISÃO SISTÊMICA

Já há algumas décadas, diferentes campos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos a partir da visão sistêmica do nosso planeta, a exemplo da teoria Gaia e da Ciência do Sistema Terra – CST (*Earth System Science*).

A teoria Gaia começou a ser desenvolvida pelo cientista inglês James Lovelock no início da década de 1960, quando foi convidado pela NASA para integrar, como consultor, uma equipe de pesquisa que criaria instrumentos para a detecção de vida nos planetas Marte e Vênus. Lovelock e sua colega, a filósofa Dian Hitchcock, concluíram, após vários estudos, que a melhor forma de se detectar vida em outros planetas seria através da análise de suas atmosferas. Como a atmosfera da Terra encontra-se em estado de constante desequilíbrio químico entre seus gases componentes, ao ser feita uma comparação entre as atmosferas de outros planetas com a atmosfera terrestre, seria possível tirar algumas conclusões sobre a presença ou ausência de vida nesses planetas. Isso porque os seres vivos em um planeta utilizariam a atmosfera e os oceanos como fontes de recursos, depósitos para seus metabólitos e meios para o transporte de matérias-primas do seu metabolismo. Lovelock e Hitchcock estavam convencidos de que a única explicação para a característica de desequilíbrio químico da atmosfera terrestre, por ser tão improvável, era a existência dessa manipulação diária dos compostos químicos atmosféricos pelos seres vivos (Lovelock, 1991, 1995).

As diferenças entre as concentrações de gases atmosféricos na Terra e em outros planetas se apresentam da seguinte maneira: as atmosferas de Marte e de Vênus são compostas predominantemente por dióxido de carbono (CO_2), em quantidades acima dos 95%, pouco oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2), e nenhum metano (CH_4). Esta é uma condição não muito distante do estado de equilíbrio químico e bem próxima daquela que seria esperada num planeta Terra sem vida. Contudo, a atmosfera terrestre é constituída por 79% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono, além de outros gases em proporções ínfimas, existindo conjuntamente na atmosfera gases altamente reativos, como o oxigênio e o metano, e gases de fácil decomposição, como o óxido nítrico (NO) (Lovelock, 1991). As concentrações desses gases, mesmo com o grande número de reações entre eles que ocorrem todo o tempo, estão sendo mantidas há um longo período de tempo na atmosfera terrestre. Como exemplo de como é improvável essa condição da atmosfera terrestre, podemos citar o caso do oxigênio e do metano, mantidos em proporções constantes na atmosfera. Esses dois gases, quando em presença da luz solar, reagem quimicamente, formando CO_2 e vapor d'água. Para manter suas concentrações constantes, é necessário incorporar à atmosfera cerca de um bilhão de toneladas de metano e cerca de dois bilhões de toneladas de oxigênio por ano. Mas de onde vêm estas enormes quantidades de metano e oxigênio? A resposta é simples: elas se originam dos seres vivos! Logo, o que leva a atmosfera terrestre a ter uma composição química diferente das atmosferas de Marte ou Vênus é simplesmente o fato de que a Terra possui vida. Isso quer dizer que, se toda a vida fosse eliminada do planeta repentinamente, as moléculas dos gases atmosféricos reagiriam entre si e o resultado seria uma atmosfera com a composição química muito próxima à de Marte ou Vênus, em equilíbrio químico. A atmosfera da Terra é, portanto, um produto biológico, sendo constantemente construída e consumida pelos seres vivos (Nunes-Neto e colaboradores, 2005).

A estabilidade da temperatura do planeta Terra também chamou a atenção de Lovelock, na medida em que, enquanto estudos astronômicos mostram que a luminosidade do sol sofreu um aumento de 25% desde o surgimento da vida, a temperatura da Terra não sofreu alteração significativa, pelo menos nos últimos 3,3 bilhões de anos (Lovelock, 1991; Lima-Tavares, 2000). Mesmo nos períodos glaciais, a temperatura média das regiões tropicais não chegou a diminuir mais que 8°C em relação à temperatura observada durante os períodos interglaciais. Essa questão sugeriu a possível influência da biosfera na regulação da temperatura do planeta (Margulis e Lovelock, 1974).

A partir dessas observações, Lovelock propôs a teoria Gaia, que afirma que o planeta Terra foi e continua a ser ativamente transformado pela presença de seres vivos, de modo a manter condições adequadas à própria vida (Lovelock, 1995).

O termo 'Gaia' foi sugerido a Lovelock pelo escritor William Golding em 1972. Na Grécia antiga, Gaia era a personificação da mãe Terra, tendo sido esta a razão pela qual Lovelock pensou ser este um nome adequado para sua teoria (Lovelock, 1995, 2000).

A teoria Gaia teve grande aceitação por parte de grupos ambientalistas e espiritualistas, principalmente durante a década de 1970, mas também foi seriamente criticada por alguns grupos ambientalistas. Estas críticas têm aumentado nos últimos tempos, apoiando-se na idéia de que a teoria Gaia contribui para que se defenda que não existe a necessidade, realmente, de se tomar medidas sérias contra a crise ambiental, porque, segundo a teoria, Gaia possuiria a capacidade de restaurar seu equilíbrio, mesmo diante de grandes catástrofes. No entanto, a teoria Gaia afirma que o sistema cibernético, cuja existência propõe, possui limites em sua capacidade de voltar ao estado de equilíbrio anterior após uma perturbação. Se estes limites forem superados, o sistema poderá perder a capacidade de autoregulação e isso poderá, por sua vez, levar ao rápido agravamento da crise ambiental.

Na comunidade científica, a teoria Gaia enfrentou prolongada resistência, chegando mesmo a ser citada como exemplo de anti-ciência ou pseudociência. No entanto, mais recentemente, essa resistência vem sendo vencida, principalmente após o desenvolvimento do modelo do Margaridal e da hipótese CLAW (ver adiante), com uma quantidade cada vez maior de pesquisadores, de diversas áreas da ciência, dedicando-se à investigação sobre a teoria Gaia (Nunes-Neto e colaboradores, 2005). Além disso, questões sociais e ambientais de grande relevância, a exemplo das mudanças climáticas globais, podem ser relacionadas à relação entre o sistema de controle proposto pela teoria Gaia e atividades humanas que interferem nos mecanismos de regulação do planeta.

A maior aceitação da teoria Gaia entre os cientistas não significa, contudo, que todos os problemas relacionados à teoria foram resolvidos. Restam dificuldades, algumas das quais contribuem ainda para a desconfiança dos cientistas em relação à teoria, como, por exemplo, a afirmação de Lovelock de que a Terra é viva.

Na tentativa de justificar esta afirmação, Lovelock usa algumas analogias. Ele compara, por exemplo, a Terra a uma sequóia gigante (*Sequoiadendron giganteum* ([Lindl.](#)) [J.Buchholz](#)). A sequóia apresenta, para ele, uma importante semelhança com a Terra; ela é formada em sua maior parte por matéria morta - cerca de 97% de sua constituição. A única parte viva de seu imenso tronco é a camada de células vivas que forma o câmbio, que fica sob o tecido de revestimento, a casca ou a periderme. De modo análogo, a Terra é formada por uma enorme massa de matéria morta, com uma delgada camada de organismos vivos, protegidos por uma camada de ar (Lovelock, 2006a). Mas, ao fazer esta comparação, Lovelock seleciona aquelas propriedades da sequóia que favorecem sua afirmação de que a Terra é viva, de modo a justificá-la, sem considerar importantes diferenças existentes entre a Terra e uma sequóia. A sequóia, por exemplo, se reproduz, enquanto a Terra não o faz. Qual o critério para citar algumas propriedades e deixar de lado outras? Lovelock não oferece uma resposta para isso, o que enfraquece sua afirmação de que a Terra é viva.

Além disso, a melhor maneira de entender o que é a vida não é listar arbitrariamente propriedades dos seres vivos, mas lançar um olhar teórico sobre a vida, que justifique o destaque dado a algumas propriedades, explicando por que certas propriedades são usadas para entender a vida, em vez de outras. Entre os olhares teóricos que podemos lançar sobre a vida,

discutiremos aqui apenas duas visões, oferecidas pela teoria sintética da evolução e pela teoria da autopoiese.

A teoria sintética da evolução tem papel central no pensamento biológico, sendo basicamente a teoria que você aprendeu quando estudou evolução até hoje. Esta teoria oferece uma visão da vida como uma propriedade de populações de organismos capazes de se auto-reproduzir; que herdaram características de seus pais; que sofrem mutações que não estão diretamente relacionadas às necessidades de sobrevivência dos organismos (mutações ‘cegas’ ou não-dirigidas); e cujas chances de deixar descendentes são, em parte, determinadas pela combinação das propriedades herdadas e pelas circunstâncias ambientais em que vivem, por meio da seleção natural (Emmeche, 1997).

Lima-Tavares e El-Hani (2001) argumentam a afirmação de que a Terra é viva não pode ser justificada pelo entendimento da vida que encontramos na teoria sintética, já que a Terra não pode evoluir por seleção natural. Como vimos acima, são populações de organismos que evoluem, e não organismos individuais, e certamente não há uma população de Terras. Além disso, a Terra não se reproduz e não apresenta mecanismos que possam transmitir informação de uma geração à outra.

De acordo com a teoria da autopoiese, um organismo vivo é um sistema que apresenta organização circular, porque é uma rede de componentes que produzem a própria rede (e os seus limites), que, por sua vez, produz seus componentes. Uma célula exemplifica bem um sistema autopoietico; como vocês aprenderam, ela é uma rede de moléculas e organelas que produzem a própria rede, a célula (e os limites desta rede, a membrana), que, por sua vez, produz as moléculas e organelas. É importante entender que, apesar de ter organização circular, o sistema autopoietico é aberto no que diz respeito às trocas de energia e de matéria com o ambiente. A característica definidora da vida seria, então, sua organização circular: os sistemas vivos produzem a si mesmos, enquanto os sistemas não-vivos não o fazem (Maturana e Varela, 1980).

Autores como Lambert e Newcomb (1989) e Capra (1996) consideram que a definição autopoietica de vida tem muito a ver com a visão do planeta Terra resultante da teoria Gaia. Assim como um sistema autopoietico, a Terra seria auto-organizada, consistindo numa rede de componentes bióticos e físico-químicos que mantêm a própria rede, que, por sua vez, os produz. Talvez o sistema de controle descrito por Gaia possa ser considerado autopoietico. Mas há outro modo de pensar sobre essa situação, sugerido por outros autores, como Lima-Tavares e El-Hani (2001). De fato, a visão da vida de acordo com a teoria da autopoiese oferece a melhor base, entre várias definições de vida que estes autores examinaram, para afirmar-se que a Terra é um ser vivo. Mas e se a Terra for considerada autopoietica, mas, ao mesmo tempo, uma entidade que claramente não seria viva? Neste caso, a definição autopoietica da vida poderia ser recusada, por não ser específica o suficiente para distinguir coisas vivas (como os organismos típicos) e não-vivas (como a Terra). Claro que não podemos simplesmente dizer de modo taxativo que a Terra é um exemplo claro de entidade não-viva. Isso é exatamente o que está sendo discutido. Contudo, esse argumento pode mostrar que não é evidente, tampouco, que todos os sistemas autopoieticos sejam vivos e, mesmo com a possibilidade trazida pela teoria da autopoiese de pensar a Terra como viva, ela não resolve o problema. O problema continua em aberto e, logo, a controvérsia permanece.

Esperamos que tenha ficado claro que a afirmação de Lovelock de que a Terra é viva é, no mínimo, bastante polêmica. E o próprio Lovelock, em seu livro “A vingança de Gaia”, de 2006, parece um pouco mais cuidadoso com suas afirmações e diz o seguinte:

Você observará que continuo empregando a metáfora da “Terra viva” para Gaia, mas não pense que imagino a Terra viva de uma forma sensível, ou mesmo viva como um animal ou uma bactéria. Está na hora de ampliarmos a definição um tanto dogmática e limitada de vida como algo que se reproduz e corrige os erros por seleção natural entre a prole. (Lovelock, 2006b, p. 28)

Assim, vemos que não é necessário aceitar a idéia de que a Terra é viva para compreender a proposta mais central e importante da teoria Gaia: a existência, no planeta Terra, de um sistema cibernético ou de controle, que Lovelock chama de Gaia, que cria e mantém

condições adequadas à vida, através da atuação dos próprios seres vivos que transformam o ambiente físico-químico e são transformados por ele.

Este modo de entender o funcionamento do planeta pode levar-nos à compreensão de que todos os elementos da natureza, tanto os vivos como os não-vivos, possuem interconexões que auxiliam no funcionamento de Gaia, ou seja, do sistema de controle, de uma forma bastante integrada.

Com base nessa mesma forma sistêmica de entender o nosso planeta, a Ciência do Sistema Terra (CST) vem agregando muitos cientistas em estudos sobre o Sistema Terra. Nesse campo, encontram-se pesquisadores de diversas áreas, como climatologistas, meteorologistas, geofísicos, geoquímicos, astrônomos, oceanógrafos, biólogos e afins (Jacobson e colaboradores, 2000; Kump e colaboradores, 1999), que estudam o Sistema Terra, de forma integrada. Para a compreensão desse campo da ciência, é preciso entender a Terra como um sistema materialmente fechado e dinâmico, mas não fechado energeticamente, pois a Terra depende da radiação solar. Para Jacobson e colaboradores (2000), um tema central nesses estudos são os ciclos biogeoquímicos, que são o movimento e as transformações químicas e físicas sofridos pelos principais elementos da Terra (C, N, S, P e outros).

Ainda de acordo com os mesmos autores, a Ciência do Sistema Terra surge a partir de estudos e teorias anteriores, como o de James Hutton, em 1788, um dos primeiros trabalhos envolvendo os ciclos biogeoquímicos e o seu papel no funcionamento do planeta. Cem anos depois, temos o clássico trabalho de Svante Arrhenius, de 1896, que já relaciona o efeito estufa do dióxido de carbono ao clima, bem como ao ciclo biogeoquímico global do carbono. Já em 1926, Vladimir Ivanovich Vernadsky desenvolve uma definição integradora da biosfera com todos os seres vivos e tudo o mais que está relacionado a eles. E mais recentemente, temos James Lovelock, que em 1972 sugeriu que alças de retroalimentação da biosfera conduzem o sistema climático para a homeostase dos processos básicos da Terra.

Uma importante diferença entre a teoria Gaia e a CST é que a CST trabalha com o Sistema Terra, que inclui os estados anteriores ao surgimento da vida na Terra e o interior do planeta, diferente do Sistema Gaia, que se refere apenas ao sistema com vida abundante (Lenton e van Oijen, 2002; Nunes-Neto, 2008)

Para Nunes-Neto (2008), apesar das diferenças existentes entre a teoria Gaia e a CST, é preciso não esquecer que as idéias relacionadas à Gaia tiveram um importante papel no surgimento da CST e ainda continua a ter em seu desenvolvimento. E apesar de alguns pesquisadores do campo da CST fazerem referência à teoria Gaia e à Lovelock, como Kump e colaboradores (1999) e Jacobson e colaboradores (2000), uma das idéias continuamente defendidas por Lovelock não é considerada no campo da CST: a controversa idéia de que a Terra é viva, que já discutimos acima.

No entanto, é importante que fique claro que a CST apóia a idéia de que a visão sistêmica da Terra possui grande poder explicativo para o entendimento do funcionamento do nosso planeta.

Em seguida, estudaremos um pouco mais a teoria Gaia e poderemos entender melhor como esta teoria científica, com todos os seus pontos bem apoiados e as suas controvérsias, pode ser interessante para melhorar o nosso entendimento de ecologia, do sistema Terra e da própria crise ambiental atual.

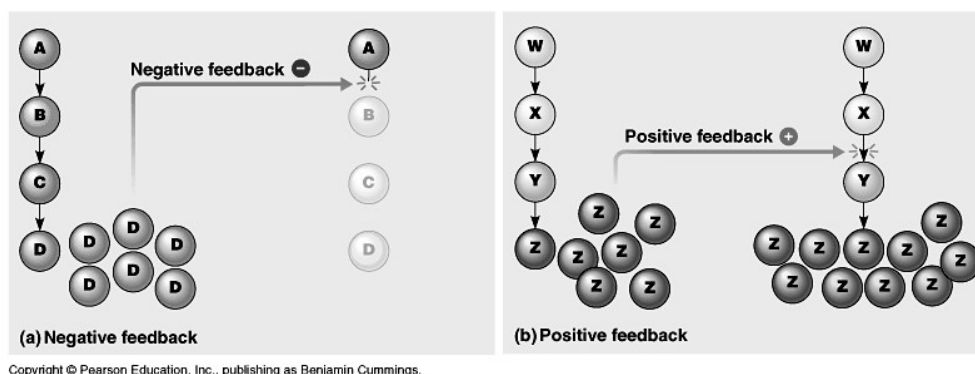
A teoria Gaia

A teoria Gaia propõe que a biosfera, a atmosfera, os oceanos e o solo são ligados por alças de retroalimentação e atuam como um sistema de controle (ou sistema cibernético, chamado Sistema Gaia) que mantém a Terra em homeostase (Lovelock, 1995; Nunes-Neto, 2005). Isso quer dizer que o Sistema Gaia possui a capacidade de auto-regulação, que é uma propriedade do conjunto de seres vivos e do ambiente físico-químico que compõe o planeta (Nunes-Neto, 2008). E essa capacidade de regulação das propriedades planetárias é o resultado de alças ou mecanismos de retroalimentação, tanto positivas quanto negativas, que operam ao nível global, mantendo condições ótimas para a biosfera.

Para entendermos melhor essa teoria, vamos definir aqui alguns conceitos importantes:

1. Homeostase: a manutenção de ambiente fisiológico interno relativamente estável ou de equilíbrio em um organismo, população ou ecossistema. A manutenção da temperatura corporal constante nos mamíferos é um exemplo de homeostase (Campbell e Reece, 2002).

2. Alças de retroalimentação: Alças de retroalimentação (*feedback*) são circuitos de interação de componentes de um sistema de controle ou cibernético que têm papel essencial na regulação de tal sistema. Muitos processos biológicos, por exemplo, são auto-regulatórios porque sua operação envolve alças de retroalimentação na qual um produto do processo regula o próprio processo. A retroalimentação negativa desacelera ou interrompe processos; a retroalimentação positiva acelera processos (Campbell & Reece, 2002). A Figura 1 ilustra tais mecanismos de controle.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figura 1 - Regulação por mecanismos de retroalimentação (Campbell e Reece, 2002).

(a) Retroalimentação negativa. Este modelo simples ilustra o princípio da retroalimentação negativa na regulação de uma reação química celular. A seqüência envolve quatro moléculas (A-D). As setas pretas representam três enzimas diferentes catalisando a conversão de uma molécula na seguinte. O produto final (D) inibe a primeira enzima na seqüência; quando a concentração de D aumenta até certo ponto, a reação se desliga.

(b) Retroalimentação positiva. Na retroalimentação positiva, um produto da seqüência de reações aumenta a ação de uma das enzimas, aumentando a taxa de produção do produto. A retroalimentação positiva é menos comum do que a retroalimentação negativa em sistemas vivos.

Por exemplo, mamíferos e aves possuem um sistema de retroalimentação negativa que mantém a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita, mesmo com grandes flutuações no ambiente do animal. Quando o corpo humano começa a aquecer-se, por exemplo, sinais do cérebro aumentam a atividade das glândulas sudoríparas e o diâmetro dos vasos sanguíneos na pele. À medida que o suor aumenta, ocorre resfriamento evaporativo, e o calor irradia dos vasos sanguíneos à medida que estes são preenchidos com sangue quente. A retroalimentação negativa ocorre tão logo o sangue se resfria, retornando ao ponto estabelecido, fazendo com que o cérebro deixe de enviar sinais para a pele. Se a temperatura do sangue cai abaixo do ponto estabelecido, o cérebro dispara um processo de inativação das glândulas sudoríparas e constrição dos vasos sanguíneos da pele. Isso desvia o sangue para tecidos mais profundos, reduzindo a perda de calor. Quando o sangue se aquece, retornando ao ponto estabelecido, a retroalimentação negativa ocorre novamente e os sinais do cérebro cessam.

A coagulação do sangue oferece, por sua vez, um exemplo de retroalimentação positiva. Quando um vaso sanguíneo é ferido, estruturas no sangue chamadas de plaquetas começam a acumular-se no sítio da ferida. A retroalimentação positiva ocorre quando substâncias químicas liberadas pelas plaquetas atraem mais plaquetas e o aglomerado de plaquetas inicia uma seqüência complexa de reações químicas que sela a ferida com um coágulo.

3. Sistema cibernético: Um sistema cibernético é um sistema de controle no qual a homeostase do sistema é mantida pela interação de uma série de alças ou mecanismos de retroalimentação negativas e positivas. Em seres vivos, mecanismos de retroalimentação negativa têm papéis mais importantes na regulação. Desse modo, um sistema cibernético se

caracteriza por uma organização circular, na qual produtos dos processos que ocorrem no sistema influenciam os próprios processos que lhes dão origem, ou seja, retroalimentam tais processos. Sistemas cibernéticos apresentam uma lógica distinta da lógica linear de causa e efeito (Lovelock, 1995) e são auto-regulatórios. Na teoria Gaia, os seres vivos do planeta e os subsistemas físico-químicos, ligados por alças de retroalimentação, definem o sistema cibernético proposto pela teoria, denominado Gaia (Nunes-Neto, 2005).

4. Ciclos biogeoquímicos: processos pelos quais a matéria é ciclada do mundo vivo para o não vivo, o ambiente físico, e de volta ao mundo vivo. Esses processos são assim chamados porque envolvem interações biológicas, geológicas e químicas (Solomon e colaboradores, 2005). Como exemplos, podemos citar o ciclo do carbono, o ciclo do nitrogênio, e o ciclo do fósforo.

5. Albedo: taxa de refletividade média do planeta, determinada pela predominância de uma cor mais clara ou mais escura na superfície do planeta. Um planeta negro, que não reflete nenhuma parte da luz que incide sobre ele, tem um albedo de 0,0; um planeta branco, que reflete totalmente a luz incidente, apresenta albedo igual a 1,0 (Lovelock, 2006a).

6. Metáfora: Uma metáfora é a expressão da compreensão de um conceito em termos de outro conceito, tendo como base uma similaridade ou correlação entre os dois que é considerada em determinado contexto significativo (Lakoff, 1987). Eis um exemplo de metáfora: “O homem é um lobo”. No contexto da teoria Gaia, Lovelock emprega em seus trabalhos uma série de metáforas, como a de que a “Terra é um ser vivo”. Os termos ‘analogia’ e ‘metáfora’ são relacionados, mas seus significados apresentam diferenças relativamente sutis. Uma metáfora, conforme definida acima, é uma figura de linguagem. Uma analogia, por sua vez, não é apenas uma figura de linguagem, mas pode ser um argumento lógico por meio do qual duas coisas aparentemente diferentes são comparadas e tratadas como similares. Analogias freqüentemente tratam coisas menos familiares mediante comparação com coisas similares.

7. Tempo geológico: é a contagem dos 4,6 bilhões de anos de história da Terra, divididos em unidades de tempo baseadas nos maiores eventos geológicos, climáticos e biológicos do planeta. Essa divisão é feita em éons, eras, períodos e épocas (Solomon e colaboradores, 2005).

Para explicar a manutenção das condições necessárias à vida em estado relativamente constante - a homeostase planetária -, Lovelock desenvolveu, em parceria com Andrew Watson, um modelo em computador de um mundo imaginário, o Margaridal (*Daisyworld*). Trata-se de um planeta no qual ambiente é reduzido a uma única variável, a temperatura, e os seres vivos, a apenas duas espécies de margaridas, uma de cor clara e outra escura (Lovelock, 1991). Lovelock e Watson foram capazes de mostrar, com seu modelo do Margaridal, que a temperatura do planeta poderia ser regulada pelas margaridas - ou seja, pela vida - através de mudanças na taxa de refletividade média do planeta, conhecida na astronomia como albedo, que é determinada pela predominância de uma cor mais clara ou mais escura na superfície do planeta.

O modelo do Margaridal funciona da seguinte forma: por causa de suas diferenças de cor, as margaridas claras e escuras diferem em suas taxas de reflexão da radiação solar. Dessa forma, elas atuam diretamente na regulação da temperatura local. Para entender como elas podem atuar na regulação global da temperatura, considere que as margaridas crescem melhor numa faixa estreita de temperatura, apresentando crescimento máximo próximo a 20°C, e nenhum crescimento abaixo dos 5°C e acima dos 40°C. Inicialmente, a estrela que aquece o Margaridal é menos luminosa e a temperatura do planeta só atinge temperaturas altas o suficiente para o desenvolvimento das flores, acima dos 5°C, na região equatorial. Como a maior parte da luminosidade recebida pelas margaridas escuras é absorvida, elas conseguem manter sua temperatura dentro da faixa dos valores necessários para o seu crescimento; já as margaridas brancas refletem a maior parte da luminosidade para o espaço e, portanto, a maior parte da sua população não consegue atingir os 5°C de temperatura neste estado inicial. Como a população de margaridas escuras está inicialmente mais adaptada às condições do meio, ela domina o planeta. Porém, essa dominância leva à diminuição do albedo do planeta, já que as margaridas escuras absorvem mais luz, e isso eleva a temperatura do meio. Com esse aumento,

a temperatura do planeta vai gradativamente aumentando, até atingir níveis acima dos 40°C, tornando-se desfavorável para o desenvolvimento das flores escuras. A partir daí, as margaridas brancas, que refletem a luz solar, conseguem se manter menos aquecidas, ficando numa situação mais vantajosa, e substituem gradualmente as margaridas escuras. Por fim, a produção de calor pela estrela se torna tão grande que as margaridas não conseguem mais regular o clima e todas morrem (Lovelock, 1991). A conexão entre as margaridas e a temperatura durante o período em que a temperatura do planeta aumenta continuamente e aumenta também o crescimento das populações de margaridas – inicialmente, das margaridas escuras e, mais tarde, das margaridas claras – pode ser interpretada em termos de uma alça de retroalimentação positiva.

Outro exemplo das alças de retroalimentação envolvendo biota e o ambiente físico-químico propostas pela teoria Gaia é encontrada na hipótese elaborada para explicar o ciclo do enxofre, no qual desempenha papel central o sulfeto de dimetila (DMS). O problema reside em entender como o enxofre perdido pelo ambiente terrestre e escoado dos rios para o mar, na forma de íons sulfato, volta para a terra, de modo que possa ser utilizado pelos seres vivos desse ambiente. A proposta envolvendo o DMS na transferência natural do enxofre dos oceanos para a terra veio substituir a hipótese anterior, que atribuía ao sulfeto de hidrogênio (H₂S) esse papel. Este gás, contudo, não é encontrado em quantidade suficiente na atmosfera para explicar a transferência do enxofre e, além disso, se estivesse envolvido no ciclo da maneira proposta, deveria ser facilmente detectável, em vista de seu forte cheiro. Após trabalhos empíricos em que Lovelock e colaboradores mediram os níveis de DMS na água do mar e as taxas da emissão de plantas terrestres, algas marinhas e solo, foi possível mostrar que, sendo onipresente na biosfera, o DMS seria o transportador do enxofre na atmosfera (Lovelock, 1991). Esses estudos foram posteriormente ampliados para o entendimento da participação das algas que produzem esse gás na regulação da temperatura do planeta, através da indução da formação de nuvens. Dessa forma, mostrou-se a possibilidade de haver uma grande associação entre o desenvolvimento das algas na camada superficial dos oceanos e o clima na Terra (Lovelock, 1991). Tais resultados levaram à publicação de um artigo por Lovelock e outros três cientistas, Charlson, Andreae e Warren, no qual explicavam um dos mecanismos de regulação do clima de Gaia (Lovelock, 2006b), que ficou conhecida como hipótese CLAW, a partir das iniciais de seus autores.

De modo bastante sucinto (ver [Figura 2](#)), a hipótese CLAW afirma que as algas, o DMS e as nuvens estão ligados por uma alça de retroalimentação negativa que funciona da seguinte forma: quanto mais quente, mais salina e mais iluminada a região do oceano, maior será a taxa de emissão de DMS para a atmosfera. E quanto maior a concentração de DMS, maior será a formação de nuvens, o que diminuirá a radiação solar naquela região, diminuindo a temperatura da superfície da água, que, por sua vez, fará reduzir a produção de DMS pelas algas. Depois de certo tempo, a quantidade de nuvens também será reduzida e a radiação solar voltará a ser mais intensa naquele local (Nunes-Neto, 2008).

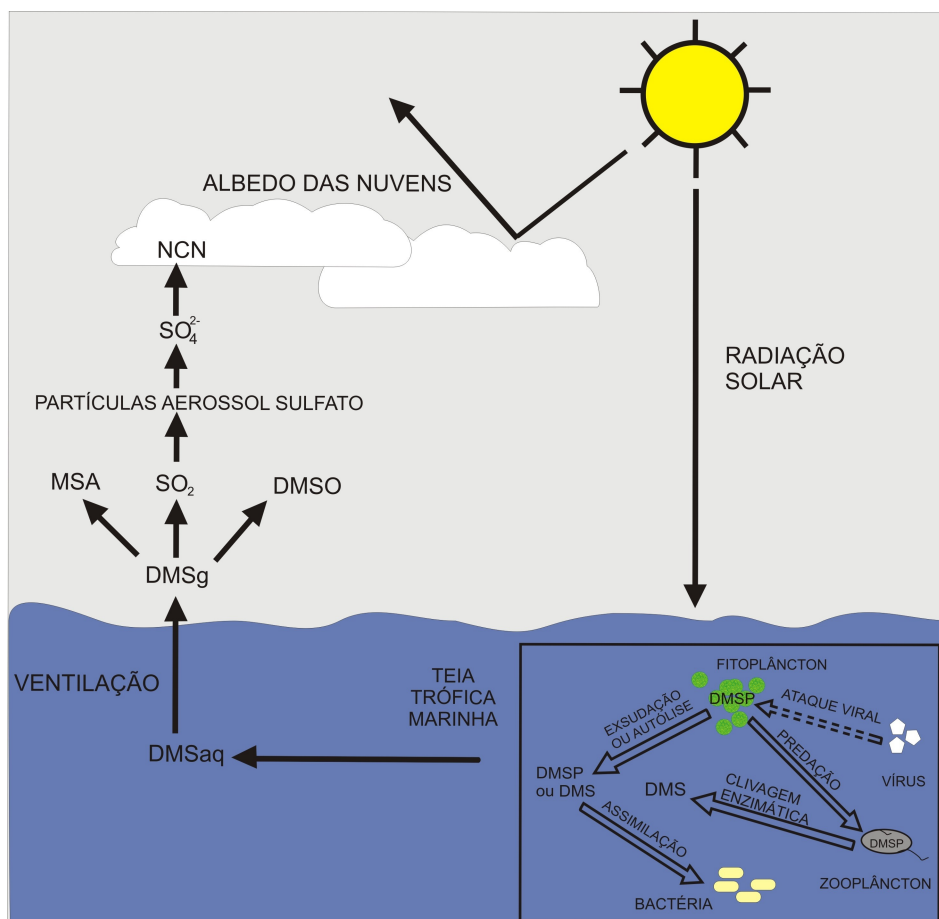


Figura 2 - Desenho esquemático representando a hipótese CLAW (Nunes-Neto e colaboradores, no prelo).

Os estudos referentes ao DMS ilustram como os ciclos biogeoquímicos não funcionam isoladamente, mas interagem uns com os outros. Note como o DMS participa tanto do ciclo do enxofre quanto do ciclo da água.

Quando você estuda os ciclos biogeoquímicos, pode perceber como a idéia de uma inter-relação tão íntima entre os seres vivos e o ambiente físico-químico é plausível. Em muitos dos ciclos que você estudou, há interconexões importantes entre os seres vivos e o ambiente físico-químico, no ciclo do carbono, do nitrogênio, do oxigênio, e, como discutimos acima, da água e do enxofre, com o DMS, entre outros.

Como exemplos, podemos descrever os ciclos do carbono, do nitrogênio e da água:

- Ciclo do carbono: como parte de um rápido fluxo, a remoção de dióxido de carbono do ambiente é realizada durante a fotossíntese e, então, o CO_2 é devolvido ao meio ambiente como um subproduto da respiração de todos os organismos, incluindo os fotossintetizadores. A decomposição orgânica também produz dióxido de carbono e água, consome o oxigênio e é realizada por fungos, bactérias saprófitas e alguns animais. As bactérias produtoras de metano, que derivam sua energia da oxidação de compostos orgânicos simples, tais como o metanol, liberam grandes quantidades de metano e são responsáveis pela liberação desse gás pelos pântanos. Ainda, algumas dessas bactérias residem como simbiotes no rúmen de bovinos, cujo metabolismo libera grandes quantidades de metano para a atmosfera (Jacobson e colaboradores, 2000).

- Ciclo do nitrogênio: o nitrogênio, apesar de ser o gás mais abundante na atmosfera, é o elemento que mais limita a produtividade nos ecossistemas. Isso porque o nitrogênio atmosférico (N_2) não pode ser utilizado pela maior parte dos organismos e para entrar no ecossistema, o N_2 precisa ser fixado, por exemplo, como amônia, nitrito ou nitrato. A maior parte do nitrogênio na biosfera é fixada por organismos: por cianobactérias nos ambientes

aquáticos e por bactérias simbiotas associadas com as raízes de certas plantas em ecossistemas terrestres. No entanto, o nitrogênio é rapidamente perdido dos ecossistemas, mas é liberado lentamente através da decomposição da matéria orgânica. Por isso, é normalmente um elemento limitante: é perdido rapidamente para a atmosfera, mas é fixado e reciclado lentamente (Jacobson e colaboradores, 2000).

- **Ciclo da água:** a água circula continuamente do oceano para a atmosfera, para a terra e de volta para o oceano. Seu movimento da atmosfera para a terra e para o oceano se dá através das precipitações. Os organismos a consomem e a devolvem ao ambiente de variadas formas, como a perda de vapor d'água pelas plantas, que adiciona uma considerável quantidade de vapor d'água na atmosfera. Quando a água evapora das superfícies do oceano e do solo, dos rios, riachos e lagos, é condensada na forma de nuvens na atmosfera (Solomon e colaboradores, 2005).

Por fim, queremos destacar que tanto os ciclos biogeoquímicos como outros mecanismos de regulação, como a conexão algas-nuvens, mostrada pela hipótese CLAW, dependem da manutenção dos ambientes naturais para o seu perfeito funcionamento. Imagine, por exemplo, como os ciclos da água e do enxofre poderiam se completar se, por algum motivo, as algas fossem extintas. Sem elas para iniciarem o processo de liberação do DMS na atmosfera, a formação das nuvens estaria comprometida. E se as nuvens não fossem formadas, o enxofre e a água não retornariam a terra e não poderiam ser utilizados pelos organismos terrestres. E o que aconteceria então? Certamente, muitos outros ciclos sofreriam conseqüências desse processo e, em última análise, todo o sistema poderia ser afetado, com base na visão sistêmica do nosso planeta.

REFERÊNCIAS

- CAMPBELL, N. A.; REECE, J. B. **Biology**. 6.ed. São Francisco: Benjamin-Cummings, 2002.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- EMMECHE, C. Autopoietic systems, replicators, and the search for a meaningful biologic definition of life. **Ultimate Reality and Meaning**. n.20, v.4, 1997. p.244-264.
- JACOBSON, M.C.; CHARLSON, R.J.; RODHE, H.; ORIANI, G.H. **Earth System Science: From Biogeochemical Cycles to Global Changes**. San Diego, CA: Elsevier, 2000.
- KUMP, L.R.; KASTING, J.F.; CRANE, R.G. **The Earth System**. Prentice Hall: New Jersey, 1999.
- LAKOFF, G. **Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind**. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
- LAMBERT, D.; NEWCOMB, R. Gaia, os Organismos e uma Visão Estruturalista da Natureza. In: **Gaia e a Evolução**. Anais da Segunda Conferência Camelford sobre as implicações da Tese de Gaia. 1989. p. 72-82.
- LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.
- LENTON, T.M.; VAN OIJEN, M. Gaia as a complex adaptive system. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**. V. 357, pp. 683-695. 2002.
- LEWONTIN, R.J. Genes, Ambientes e Organismos. In: SILVERS, R.B. (Org.). **Histórias esquecidas da ciência**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.
- LIMA-TAVARES, M. **A Terra é Viva? Hipótese Gaia e Definições de Vida**. 2000. 41f. Monografia (Bacharelado) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

- LIMA-TAVARES, M.; EL-HANI, C.N. Um olhar epistemológico sobre a transposição didática da teoria Gaia. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.6, n. 3, dez. 2001. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a4.htm#\(1\)#\(1\)](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a4.htm#(1)#(1)). Acesso em: 07 nov. 2006.
- LOVELOCK, J.E. **As Eras de Gaia**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.
- LOVELOCK, J. **Gaia: Um novo olhar sobre a vida na Terra**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- LOVELOCK, J. Gaia: um modelo para a dinâmica planetária e celular. In: THOMPSON W. I. **Gaia: uma teoria do conhecimento**. São Paulo: Gaia, 2000. p.77-90.
- LOVELOCK, J. **Gaia: cura para um planeta doente**. São Paulo: Cultrix, 2006a.
- LOVELOCK, J. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006b.
- MARGULIS, L.; LOVELOCK, J.E. Biological modulation of the earth's atmosphere. **Icarus**, n.21, p.471-489, 1974.
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. **Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980.
- MOLION, L.C.B. Aquecimento global: uma visão crítica. In: VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global: frias contendas científicas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.
- NUNES-NETO, N.F. **Explicações Teleológicas na Teoria Gaia**. 2005. 109f. Monografia (Bacharelado) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- NUNES-NETO, N.F. **Bases epistemológicas para um modelo funcional em Gaia**. 2008. 187f. Dissertação (Mestrado) – PPG em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.
- NUNES-NETO, N.F.; LIMA-TAVARES, M.; EL-HANI, C.N. **Gaia: de idéia pseudocientífica a teoria respeitável**. **Comciência**, Campinas, n. 71, nov. 2005. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/11/08.shtml>. Acesso em: 07 nov. 2006.
- NUNES-NETO, N.F.; CARMO, R.S.; EL-HANI, C.N. Uma conexão entre algas e nuvens: Fundamentos teóricos da hipótese CLAW e suas implicações para as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis** 13: 596-608, 2009b. DOI:10.4257/oeco.2009.1304.04
- OLIVEIRA, S.M.B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global: frias contendas científicas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.
- RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.
- SOLOMON, E.P.; BERG, L.R.; MARTIN, D.W. **Biology**. 7.ed. Belmont: Thomson Learning, Inc., 2005.
- VEIGA, J.E. (Org.). **Aquecimento global: frias contendas científicas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2008.

Apêndice G: Análise das respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção.

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
01	<p>“- Existem vários fatores que têm sido apontados como causas da atual crise do aquecimento global como por exemplo a intensificação da emissão (sic) do dióxido (sic) de carbono por ação antropica (sic) na atmosfera, este fenômeno (sic) é devido a (sic) queima de combustível fóssil (sic) (carvão, petróleo, gás natural).</p> <p>- Outro fator apontado para o aquecimento global é o aumento (sic) do buraco da camada de ozônio ocasionado por emissão (sic) dos gases CFC (cloro flúor carbono), assim geram uma maior penetração de radiação no planeta assim aumentando (sic) a temperatura média do mesmo.</p> <p>- Um terceiro fator que são apontado (sic) como causa do aquecimento global e o aquecimento natural do planeta pois existe pesquisa sobre o (sic) qual o planeta sofre ciclos de aquecimentos e resfriamento (sic) natural.</p>
02	<p>“- A maioria dos fatores que agravam o aquecimento global provêm (sic) da ação antrópica devido a (sic) queima dos combustíveis fósseis para a obtenção de energia e também (sic) devido a grandes queimadas. Apesar do efeito estufa ser um processo natural e fundamental para a manutenção da vida vem sendo agravado pela ação do homem, as emissões de gás carbônico desde o começo da Revolução industrial vem sendo maior (sic) a cada ano que passa, numa taxa muito maior do que os seres autotróficos conseguem fixar. Porém (sic), creio que esse problema jamais será solucionado pois (sic) os gigantes do petróleo não deixarão derrubar facilmente e nós consumidores não abriremos mão do conforto que as fontes de combustíveis fósseis nos proporcionam”.</p>
03	<p>“O principal fator causal do aquecimento global é a emissão de estrondosas quantidades de gases estufa a partir da queima de combustíveis fósseis.</p> <p>O lançamento desses gases na atmosfera tem aumentado bastante com o uso pelos seres humanos de fontes de energia não-renováveis, com o aumento do número de indústrias e automóveis.</p> <p>Esses gases reteêm (sic) o calor emitido para e refletido da terra (sic), causando assim o aumento da temperatura no planeta”.</p>
04	<p>“A emissão de gases como o CO₂ (o principal), CH₄, CO, além de outros, que são originados principalmente pelas ações antrópicas.</p> <p>Uma dessas formas de colaboração com o efeito estufa, surge (sic) da crescente produção de energia, que utiliza principalmente combustíveis não-renováveis. E vê-se que esse aspecto vem assumindo proporções catastróficas, (sic) um exemplo disso é o número crescente de pessoas que adquirem automóveis. O resultado desse quadro é o de que todos os anos toneladas de gases causadores do efeito estufa são lançados na atmosfera.</p> <p>Um outro ato relevante refere-se as (sic) queimadas, que ocorre (sic) predominantemente no Brasil, as que (sic) liberam CO₂ e destrói (sic) milhares de árvores que realizariam fotossíntese.</p> <p>Muitos outros fatos levam a (sic) destruição da camada de ozônio, o que exige do homem repensar sua interação com o meio ambiente”.</p>
05	<p>“A grande causa apontada como fator principal do aquecimento global no mundo é explicada devido a</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>grande emissão de gases poluentes lançados na atmosfera terrestre, como o CO₂ tanto por parte de indústria (sic) como pela própria população com a má utilização de alguns recursos. Outro fator plausível é a falta de renovação de recursos naturais e do ar atmosférico, ao qual isso (sic) ocorre devido ao desmatamento descontrolado de matas e florestas.</p> <p>As consequências desses acontecimentos já estão sendo vistas, a temperatura mais alta, o derretimento das geleiras, e até a morte de animais em algumas regiões por falta de água e alimentação causado (sic) novamente pelo aumento da temperatura.</p> <p>A solução para este problema talvez já não seja possível, porém é necessário que a população (seres humanos) tomem (sic) consciência e despertem o senso de utilização consciente da natureza e uma consciência ambiental mais efetiva diante dos acontecimentos”.</p>
06	<p>“Os fatores apontados como intensificadores do aquecimento global são: liberação de CO₂ por meio da combustão, tendo como principais emissores países (sic) de primeiro mundo, liberação de CFC apesar da redução devido a (sic) proibição, SO₂ etc.</p> <p>O principal responsável (na mídia) pelo aquecimento global ainda é o CO₂, este é liberado em grande quantidade pelas indústrias (sic) principalmente países (sic) populosos como a China e países (sic) de primeiro mundo como Estados Unidos”.</p>
07	<p>“A partir da Revolução Industrial, a humanidade expandiu muito os usos de diversas fontes de energia, sendo a principal a queima de combustíveis fósseis (carvão, derivados do petróleo). Desde então a quantidade de combustíveis fósseis queimados em processos industriais só cresceu, e com a combustão da maioria das fontes de energia ocorre a liberação na atmosfera de gases e partículas que acentuam um processo natural de regulação térmica do planeta Terra, o efeito estufa, processo esse fundamental para o surgimento e manutenção das condições para a vida na Terra, ocasionando um conseqüente aquecimento (médio) global.</p> <p>Ou seja, a expansão desenfreada das indústrias (sic), e a posterior automobilização das populações urbanas (principalmente) agravou o efeito estufa, graças às grandes quantidades de gases e partículas sendo liberadas na atmosfera; uma das principais causas do aquecimento global é o modo de vida capitalista extremamente consumista que acelera os processos de produções industriais e a conseqüente enorme quantidade de combustíveis fósseis queimados anualmente”.</p>
08	<p>“Um dos fatores apontados como uma das principais causas do aquecimento global é a emissão de gases poluentes na atmosfera. O monóxido e o dióxido de carbono são alguns exemplos de gases que causam a destruição da Camada de Ozônio e conseqüentemente (sic) favorece o efeito estufa, que é o maior “vilão” do aquecimento global. Existem (sic), no entanto, uma gama de outros fatores que também colaboram com o processo, podemos citar: o lançamento de metais pesados no meio ambiente, o desmatamento, a poluição dos mares e oceanos, de onde sabemos que vêm a maior parte do oxigênio que utilizamos em nossa respiração etc”.</p>
09	<p>“A grande demanda de CO₂ liberada para atmosfera, vinda de automóveis, indústria e queima de combustíveis fósseis, está intensificando o efeito estufa (que é um fenômeno natural), impedindo que grande parte dos raios-infravermelhos saiam (sic) da atmosfera, ficando retidos nela. Com isso diversas mudanças climáticas estão acontecendo pelo globo terrestre; e uma das maiores preocupações, (sic) é o derretimento das calotas polares, causando elevação do nível do mar e conseqüentemente (sic) inundação das cidades costeiras”.</p>
10	<p>“A mídia e os veículos de comunicação apontam geralmente como causa do aquecimento global a emissão de CO₂ por parte de automóveis e indústrias, mas ao meu ver o principal causador do que vem acontecendo com o nosso planeta somos nós, homens que motivados pela ganância dos lucros passamos (sic) e há muito tempo perdemos o respeito pelo meio ambiente. Hoje em dia é a coisa mais comum do mundo vermos a floresta amazônica ser desmatada para dar lugar a pastos, a mata atlântica ser extinta por motivos econômicos (sic) (um exemplo bem claro deste último acontece bem aqui em Salvador, onde na Av. Paralela (sic) a mata atlântica dá lugar a condomínios de luxo), enfim a (sic) um número enorme de exemplos a serem citados, tão grande que se torna a insanidade humana em busca de dinheiro.</p> <p>Mas também não podemos simplesmente jogar toda a culpa em cima das grandes empresas pois (sic) milhões de pessoas físicas, contribuimos grandemente (sic) com o que vem acontecendo, pois aquele papel que jogamos no chão, aquele lixo eletrônico que não é endereçado ao seu destino correto (sic) tudo isso contribui e a</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>a situação do nosso planeta. Creio que se todos nós criarmos consciência e deixarmos de ser egoístas e mesquinhos, poderemos ainda fazer uma última tentativa (sic) salvar o mundo dessa catástrofe ambiental e freiar (sic) as consequências do aquecimento global”.</p>
11	<p>“Pecuária é uma das ações humanas, (sic) mais responsáveis pelo aquecimento global, os ruminantes (sic) sua digestão produzem metano que são jogados na atmosfera, logo o consumo de carne e o maior responsável, devido ao tamanho do número (sic) de gado para corte, eles correspondem a cerca de 17% dos gases que são lançados na atmosfera, que ajudam no aquecimento global. Os automóveis também são grandes responsáveis, pessoas acham que um único carro não produz “nada” de CO e CO₂ (sic) que o que produzem muito pouco, contudo esse “pouco” somados aos outros milhões de carros que existem no mundo, podemos observar que é necessário haver outro meio ou meios mais eficientes de locomoção, só (sic) para se ter uma idéia um avião de avião (sic) produz a mesma quantidade de poluente que um carro popular produz em cerca de 50 anos. O desmatamento, apesar de não ter a magnitude que muitos jornais e revista mostrarem (sic), o desmatamento também tem grande importância no aquecimento global, pois florestas são fixadores de carbono e com o desmatamento diminui a fixação de carbono e o mesmo se mantém (sic) na atmosfera aumentando o efeito estufa. Parando para pensar (sic) quase tudo auxilia no aumento do efeito estufa, afinal o efeito estufa e o aquecimento global são coisas normais, se estudarmos o planeta podemos observar, (sic) que ele sempre esteve se aquecendo e se resfriando nas suas dezenas de milhares de anos que possuem (sic). A diferença que agora está ocorrendo de forma muito mais veloz do que era anteriormente. E o que começamos a ver hoje como catástrofes causadas pelo aquecimento é somente novas atividades que estão ocorrendo, pois (sic) havendo variações no planeta”.</p>
12	<p>“Os principais fatores que são apontados como causas do aquecimento global é (sic) o desmatamento e o aumento da emissão de gases poluentes, como o CO₂. A emissão de CO₂ leva à destruição (aparecimento de buracos, falhas) na camada de ozônio, responsável por filtrar e refletir os raios solares, diminuindo a quantidade de calor que entra na atmosfera. Com as falhas na camada de ozônio, o calor é mais “absorvido” pela atmosfera. Além disso, gases como o CO₂ impedem a “expulsão” do calor para o espaço. O desmatamento é um outro grande problema porque as matas poderiam naturalmente absorver grande quantidade de CO₂ que é emitido principalmente por indústrias (sic) e automóveis. Além disso, o desmatamento pode ocorrer com queimadas, emitindo ainda mais CO₂. Assim, aquele CO₂ que poderia ser usado no metabolismo natural dos vegetais, continua a ser acumulado e indo para a atmosfera, prejudicando o bom funcionamento da camada de ozônio”.</p>
13	<p>“O processo de aquecimento e resfriamento do planeta são naturais (sic), porém a atividade antropica (sic) vem intensificando esse aquecimento de forma muito acelerada e há um temor de que o planeta não suporte esse superaquecimento. As principais causas apontadas são aumento da emissão de CO₂ provocados por queimadas, emissões de veículos e fábricas (sic), (queima de combustíveis (sic) fósseis, etc. que gera um aumento do efeito estufa (sic). O desmatamento, muitas vezes para construir pastos, também colabora para o aquecimento uma vez que as plantas retiram do meio CO₂”.</p>
14	<p>“Vários fatores são apontados como causas do aquecimento global. Como o desmatamento, emissão de gás carbônico na atmosfera e o derretimento das geleiras é um efeito (sic) do aquecimento. O aquecimento global é causado pelo acúmulo (sic) desses gases na atmosfera (gás carbônico) formando uma camada que evita a liberação do calor irradiado pela terra (sic). Como o gás carbônico destrói a camada de ozônio que protege (sic) o planeta de altas radiações emitidas (sic) pelo sol (sic). Com a diminuição da camada de ozônio (sic) mais radiação será absorvida pela terra (sic) causando um super aquecimento”.</p>
15	<p>“A emissão (sic) de gases estufa como o CO₂ que dificulta a dispersão (sic) das ondas de calor da Terra para o universo e também o buraco na camada de ozônio que permite uma maior irradiação solar sobre a Terra aumentando as ondas de calor que aumentam a temperatura global (sic) derretendo pouco a pouco as calotas polares e com isso causando um aumento cada vez mais significativo do nível (sic) do mar”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
16	<p>“Os fatores que tem (sic) sido apontados como causas do aquecimento global são: A emissão de CO₂, por automóveis, mas principalmente pelos centros industriais do mundo inteiro.</p> <p>A derrubada das matas, para cultivo de grãos, ou criação de rebanhos, dentre este contexto (sic) já ficou provado que a aglomeração destes animais emite uma grande concentração de amônia (sic).</p> <p>Explicar tais fatores é complicado pois as mesmas comunidades que condenam tais atos, são escravos do mesmo, no entanto é a tendência (sic) natural, avançada pelas causas humanas”.</p>
17	<p>“De acordo com o que a mídia tem divulgado a respeito do aquecimento global, algumas das causas para este são a poluição e liberação constante de gases tóxicos e poluentes para a atmosfera, a constante destruição da camada de ozônio que a protege (sic) e as agressões infrigidas (sic) pelo homem ao ecossistema. Tais fatores tem (sic) uma pesada contribuição na atual crise ambiental que vivemos, agravada ainda mais a situação gerada pelo aquecimento global. Por exemplo, a constante liberação de CO₂ para a atmosfera impede o fluxo normal dos gases nela, retendo assim grande parte do calor que deveria ser liberado da atmosfera. Isso tem efeitos graves na biosfera, causando a morte de algumas espécies, o derretimento das calotas polares, o aumento no nível do mar, dentre outros acontecimentos de sérias implicações para a biodiversidade terrestre”.</p>
18	<p>“- O aquecimento global sendo uma consequência do efeito estufa está relacionado a diversos fatores. Basicamente este (sic) associado a (sic) ação antrópica. O efeito estufa em si é uma efeito natural só que tem sido acentuado devido ao acúmulo (sic) de gases poluentes lançados na atmosfera, como um dos principais o CO₂, ocasionando assim o aquecimento global, ou seja, revolução industrial foi o evento que contribuiu e contribui bastante para para (sic) este problema. Outras ações como desmatamento para construções de pastos e criação de gados bem como uso indevido do solo, queimadas etc que vem contribuindo para o aquecimento global”.</p>
19	<p>“A destruição da camada de ozônio é um dos fatores principais que está levando ao aquecimento global. Um dos principais causadores desse problema são (sic) os chamados CFC, que quando liberados na atmosfera o cloro presente neste composto tem a capacidade de ligar-se ao Oxigênio presente na camada de ozônio fazendo com que o ozônio se desintegre (sic), porém isso acontece como um ciclo, no entanto é capturado mais oxigênio que liberado isso faz com que haja uma destruição da camada de ozônio.</p> <p>Outro fator associado é a destruição das matas que favorece a menor liberação de O₂ para atmosfera, propiciando ainda mais para haver o aquecimento. Pois as plantas com a fotossíntese libera o O₂ para atmosfera porém com a diminuição de plantas (árvores) haverá consequentemente a diminuição de liberação de O₂ para atmosfera, e com o uso dos CFCs o O₂ atmosférico fica cada vez mais escasso”.</p>
20	<p>“Os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global são os mais variados. Tanta variedade de teorias e explicações torna confusa a explicação real e direta do assunto, já que parte da comunidade acadêmica afirma ser um processo natural acelerado pelo homem e ainda há os que defendem que não se trata de um processo natural, mas sim consequências da ação do homem sobre a natureza. São muitas (sic) dúvidas ainda nas explicações sobre o assunto, não há como explicar os fatores já que estes não estão claros pelas partes que competem (sic) explicá-las”.</p>
21	<p>“- Emissão de CO₂ em larga escala – aumenta o efeito estufa natural da Terra.</p> <p>- Desmatamento – diminui (sic) a camada verde da Terra, diminuindo a emissão de O₂ pela fotossíntese e diminuindo também o consumo de CO₂.</p> <p>- Emissão de CFC's – os CFC's se ligam com o ozônio destruindo uma parte da camada de Ozônio fazendo com que os raios solares entrem sem filtro, isso causa um aquecimento maior da Terra.</p> <p>- Pecuária – aumenta o desmatamento em busca de áreas para pasto.</p> <p>- queimadas – aumenta a emissão de CO₂ e o desmatamento”.</p>
22	<p>“Os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global são: principalmente a emissão de CO₂ e outros poluentes, emitidos a partir da queima de combustíveis fósseis e das queimadas outro fator é o desmatamento onde as árvores deixam de retirar o CO₂ da atmosfera e liberar o oxigênio que será consumido por outros seres vivos. A liberação de CO₂ e o seu consequente acúmulo (sic) na atmosfera contribuem para o aumento do Buraco da camada de ozônio. Havendo assim uma maior quantidade de calor na Terra e o preocupante derretimento das calotas polares, o que causará diversos problemas devido o aumento do nível do mar”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –	
Estudante	Respostas
23	<p>“O aquecimento global é o grande problema da atualidade e a grande preocupação para as gerações seguintes. Este aquecimento está relacionado à diminuição da camada de ozônio que protege o planeta contra as fortes radiações solares. Uma vez que esta camada encontra-se comprometida, a insidência (sic) dos raios solares aumenta provocando este preocupante aquecimento. Como a vida atual está (sic) fortemente relacionada ao crescimento das cidades, urbanização e Industrialização a quantidade de gás carbônico que vem sendo lançado para a atmosfera está cada dia maior. O aumento acentuado da população também favorece tal problema, devido aos hábitos que os seres humanos vêm adquirindo, como só sair de suas casas de carro.</p> <p>Além disso, outro fator importantíssimo para o aquecimento global é o desmatamento, principalmente a utilização das áreas desmatadas para pastos e agricultura.</p> <p>Enfim o aquecimento global tem sido ocasionado por diversos fatores que estão em sua maioria associados às ações antrópicas”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –	
Estudante	Respostas
01	<p>“Vários fatores têm sido apontados como causa do aquecimento global. É universal o conhecimento de que esse fenômeno tem maior intensidade por conta das ações antrópicas. A economia e o faturamento têm sido as principais causas desse aquecimento. Sabe-se que o aquecimento global se agrava principalmente pela liberação de gases nocivos à camada de O₃ que recobre o planeta terra (sic) e essa liberação só tem um responsável: o homem. Por esse motivo a economia e o faturamento estão envolvidos (sic) nesta problemática, uma vez que são as fábricas os principais emissores tanto de gases como de materiais que perturbam o equilíbrio da temperatura do planeta. Portanto, está nas mãos do homem salvar o planeta Terra (sem romantismo) e isso somente poderá ser feito quando os lucros não estiverem num plano mais importante do que a própria sobrevivência da humanidade”.</p>
02	<p>“O aquecimento global é causado principalmente pela emissão de carbono, através de automóveis (combustão de combustíveis fósseis), e de outros gases estufa como o metano, para a atmosfera, pode ser também a utilização de aerossóis (sic) com CFC que é altamente reativo com a camada de ozônio. O gás carbônico por ser um gás estufa se acumula na atmosfera evitando a saída de calor e radiação solar para a terra, aquecendo-a. O CFC (clorofluorcarbono) pode reagir com o O₃ e conseqüentemente criar “buracos” na camada de ozônio, que é a camada que “filtra” as radiações prejudiciais aos seres, se essas radiações passarem para a Terra, fica mais complicado sua saída por causa da camada de gases estufas. aquecendo-a também retendo radiações na Terra”.</p>
03	<p>“Fator principal: “homem”, toda ação do homem com objetivo de avanços tecnológicos, empreendimentos, influenciam e prejudicam o mundo. Muitas florestas são destruídas para construção de prédios com isso os animais da região perdem seu habitat. Tais construções (empresas, fábricas) poluem o ar e o solo também. Outro ponto importante é o lixo, este quase não é reciclado além de serem jogados (sic) nas ruas, não há reflorestamento, são poucas as ações para uma melhora do ambiente pois o foco são os avanços futuros tecnológicos.</p> <p>Conclusão: Onde há ser humano há também destruição”.</p>
04	<p>“Um dos mecanismos que regula (sic) o planeta chama-se efeito estufa. Com o crescimento tecnológico esse efeito está (sic) se tornando irregular devido a altas emissões (sic) de gases poluentes como CO₂, CH₄ e gerando um aumento na temperatura do planeta.</p> <p>Outro fator que auxilia é a destruição da camada de ozônio que “filtra” os raios ultra-violeta derivados do sol (sic).</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
	As conseqüências são inúmeras, como por exemplo derretimento das geleiras, destruição de ecossistemas, aumento do nível dos oceanos e mudanças climáticas, entre outros”.
05	“Um dos fatores que pode (sic) explicar o aquecimento global é que a terra passa por processos naturais de resfriamento e aquecimento. Atualmente a terra vem passando por uma era mais aquecida (sic) só que esta era vem sendo potencializada (sic) por ações antrópicas. O aquecimento excessivo global esta vinculado ao aumento da emissão de gases estufas como o CO ₂ e CH ₄ que impede (sic) a saída do calor da terra (sic) as ações humanas que emitem gases estufas são enormes e se iniciou (sic) na 1ª revolução industrial com a queima do combustível fóssil. Há outros fatores com pecuária extensiva onde o gado libera CH ₄ assim como as grandes lixões, o asfalto (sic) preto que absorve muito luz aquecendo (sic) os centros urbanos e esse calor produzido fica retido na terra (sic)”.
06	“Alguns fatores são considerados preponderantes como causas do aquecimento global. Hoje, as emissões de CO ₂ (dióxido de carbono) principalmente pelos veículos automotores tem (sic) contribuído bastante. Quando se faz queimadas também ocorre a liberação desse gás e conseqüentemente o aquecimento global. Passado o aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, tão importante filtradora (sic) das emissões de ultravioletas emitidas pelo sol. A destruição dessa camada de ozônio é o fator principal do aquecimento global. A redução gradativa e contínua dessa camada faz com que os raios UV passem com mais facilidade pela atmosfera terrestre, aumentando aos poucos a temperatura global. Antigamente os chamados gases CFC eram os grandes responsáveis pela destruição da camada de ozônio, mas atualmente, as emissões de CO ₂ são as principais responsáveis pelo aquecimento global, tanto através dos carros por exemplo quanto pelas queimadas, dentre outros fatores”.
07	“- Emissão de moléculas como CO ₂ , CO provenientes da combustão de hidrocarbonetos usados como combustível de veículos, usinas... - Queimadas em florestas e na agricultura - Combustão de composto com enxofre e liberação de SO ₂ - Flatos de gados com liberação de metano (CH ₄)”.
08	“Diversos fatores físicos e químicos contribuem para o aquecimento global. Apesar de haver argumentos de que a Terra estaria passando por um período interglacial e que o aumento da temperatura é normal, há de se admitir as altas taxas de CO (monóxido de carbono) e CH ₄ (metano) emitidas pelas fábricas, automóveis, queima de florestas e etc, são fatos que agravam o atual quadro ambiental, senão, no mínimo, tornam o aquecimento natural um tanto precoce e o que poderia ser gradativo e a mais fácil de adaptar-se, podem tornar o atestado de óbito de muitas formas de vida. O principal fator para a atual crise é o déficit (sic) de muitos governos com a educação ambiental, pois a falta de investimento (sic) em degradar para depois tanto remediar, o simples fato de prevenir já ajudaria a não estarmos nesta condição de crise ambiental”.
09	“Vários são os fatores causados pelo aquecimento global como o derretimento das geleiras levando a extinção dos ursos polares é o mais discutido atualmente, além de outros fatores como o excesso de chuvas em alguns locais e em outras a seca intensa (sic). Os fatores citados anteriormente são conseqüências do que o homem vem provocando ao longo do tempo na terra. Como a poluição, com a emissão de gases poluentes em excesso, devido a evolução das grandes cidades. Além disso são as constantes queimadas de áreas florestais levando a extinção dos habitats naturais dos animais. Logo esse aquecimento provoca o derretimento acelerado (sic) das geleiras, aumentando o volume de água em alguns locais e os ursos polares vão sendo extinguidos (sic) por falta de alimentos, eles não conseguem obter suas presas sem a presença do gelo”.
10	“Um dos grandes problemas em nossos dias é o aquecimento global, isso tem causado vários desastres no planeta. Muitas causas como o desmatamento das florestas, as indústrias, poluição vêm contribuindo fortemente para o agravamento desse aquecimento. Com a revolução industrial houve uma maior liberação do gás carbônico, maiores quantidades de transportes que fazem combustão, aumento da poluição, muito lixo sendo produzido a partir de produtos industrializados, embalagens, elementos que demoram anos para se decompor. Sendo que esses gases poluentes liberados na atmosfera ficam retidos como em uma estufa, por isso o planeta fica aquecido em altas temperaturas, com sérios danos como, derretimento das calotas polares, inundações, extinção (sic) de espécies”.

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
11	<p>“Tenho ouvido sobre vários fatores, que tem sido apontados como causa do aquecimento global, tenho ouvido sobre hipóteses, como de gaia, que o planeta tem períodos quente e frio (sic), o que parece ser um consenso é que, de processo natural o ser humano vem contribuindo, se não, causando o evento, acelerando o processo. Sabe-se que o homem transforma o ambiente, e com algumas atitudes, sempre visando lucro além de esgotar recurso natural, emissão de gases poluidores, e segundo a tendência de desenvolvimento sem o pensar no depois, ao que parece o planeta tem demonstrado (sic) a exaustão”.</p>
12	<p>“Os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global são a queima de combustíveis fósseis, a emissão de gases estufa que têm acentuado o efeito estufa, e dentre outros pode-se falar da emissão de CFC que tem destruído a camada de ozônio, a qual protege a terra dos raios ultravioletas. O efeito estufa é um fenômeno natural, onde os gases estufas absorvem calor, mais (sic) o aquecimento global tem acentuado esse efeito estufa aprisionando calor excessivo que afeta o ecossistema, como o derretimento das geleiras e destruição de habitats de variadas espécies”.</p>
13	<p>“- Os fatores que contribuem para o aquecimento global, entre vários os mais citados estão queimadas de áreas ambientais, poluição industrial e aumento da emissão de CO₂ para atmosfera. Todos os fatores que citei resumiram-se (sic) ao acúmulo de gás carbônico na atmosfera que atua (sic) funcionando como o “telhado” de uma estufa impedindo que o calor se dissipe (sic) para além da atmosfera. Esse calor em excesso afeta o ecossistema que além de outros fatores depende de um equilíbrio térmico, causando às vezes danos irreparáveis (sic)”.</p>
14	<p>“- O fator que leva o aquecimento global, e (sic) a exploração desenfreada da natureza, para benefícios puramente antropocêntricos (sic). Tais como o desmatamento de árvores para a produção de móveis (sic), criação extensiva de animais, poluição do ar, rios e mares. Atitudes (sic) que refletem a ignorância do homem contemporâneo de antes (sic) dos benefícios e importância que a natureza apresenta para o planeta. Um exemplo mais recente de tais atitudes (sic) foi o corte de uma árvore no ICS (Instituto de Ciência e Saúde) para desocupar duas vagas no estacionamento”.</p>
15	<p>“Um dos fatores é a grande emissão de gases poluentes, originados de diversas fontes como industriais e desmatamento. O desmatamento não só libera poluentes, como reduz a capacidade de autoregulação do planeta. O uso de combustíveis fósseis (sic) como petróleo contribuem (sic) fortemente para o aumento do aquecimento global, ligado à falta de políticas eficazes para combater esse aumento por parte do governo. Outro fator é a falta de conscientização (sic) das pequenas medidas que podem ser tomadas por cada pessoa para contribuir no combate do aquecimento global. O efeito estufa é o responsável por regular a temperatura do planeta, estes fatores causam uma amplificação do efeito estufa, causando o aquecimento global”.</p>
16	<p>“- Dentre os vários fatores, o que mais contribui para a questão do aquecimento global é o da poluição, principalmente a industrial. Com o crescimento acelerado da civilização, surgem indústrias (sic) que atuam (sic) de gerar empregos e contribuir com o desenvolvimento é responsável (sic) por lançar toneladas de gases na atmosfera. Além disso, o desgaste de recursos naturais, as queimas, desmatamento, também são ações do homem que aceleram ainda mais esse processo”.</p>
17	<p>“Os fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global é o excesso de CO₂ lançado na atmosfera devido a (sic) queima de combustíveis que liberam esse gás no processo. O CO₂ na atmosfera aumenta o aquecimento na Terra porque absorve o calor que deveria ser refletido para fora do planeta lançando-o novamente para a Terra impedindo sua saída”.</p>
18	<p>“Os principais fatores que têm sido apontados como causas do aquecimento global são a emissão de gases poluentes e o desmatamento. A ação antrópica tem causado vários problemas à natureza, isso é inquestionável. Mas se tratando do aquecimento global, há algumas questões a serem analisadas. Acho que esse é um processo natural do planeta, que talvez esteja sendo intensificado pelo homem”.</p>
19	<p>“Diversos são os fatores que têm sido apontados como causadores do aquecimento global, entre eles podemos citar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissão de poluentes por fábricas - Aumento na intensidade do Efeito Estufa - Emissão de gases como o metano e o CO₂ em excesso na atmosfera

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada antes da intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>- Desmatamento</p> <p>Podemos perceber que as ações antrópicas estão intensificando cada vez mais esse grave problema, levando ao aumento da temperatura do planeta, ao derretimento das geleiras, ao aumento do nível dos mares e a catastrofes (sic) naturais como tsunamis”.</p>
20	<p>“O aquecimento global é um dos mais importantes temas comentados hoje em dia. A emissão de gases como o CO₂ ou o metano (CH₄) é o principal responsável por esse desastre ambiental. Desmatamentos, que impedem a reciclagem do ar; queimadas, que liberam os gases tóxicos; uso de combustíveis derivados de petróleo; todos são fatores que contribuem para o aquecimento global. As consequências aos poucos irão surgir (embora muitas já sejam observadas) como o aumento do nível dos oceanos pelo derretimento das calotas polares, bem como alvo direto o continente e sua fauna e flora existentes nele (sic)”.</p>
21	<p>“Muitos são os fatores que influenciam o aquecimento global, porém pode-se destacar alguns, como: a ação antrópica (derrubada de árvores (desmatamento) e queimadas).</p> <p>A ação antrópica é o mais importante, pois é o fator responsável pela grande maioria dos problemas que levam ao aquecimento global. Podemos citar, a emissão de gases poluentes pelas indústrias e por veículos. Também, o desmatamento e as queimadas, que diminuem a quantidade de árvores, o que é extremamente prejudicial, pois estas têm o papel muito importante de utilizar o CO₂ para a respiração, diminuindo de forma a sua emissão para a atmosfera (sic)”.</p>
22	<p>“- As principais causas do aquecimento global, (sic) são as queimadas e também a queima de combustíveis fósseis em variados meios de transporte. A queima produz gases que não saem da atmosfera, e criam uma camada que impede que a luz solar saia desse espaço entre a Terra e a camada de gases. Com a concentração dessa luz solar o planeta esquenta indevidamente, o chamado aquecimento global. Esta alteração de temperatura influencia diretamente nos sistemas terrestres e em como se organizam, provocando um desequilíbrio ecológico”.</p>
23	<p>“O aquecimento global é consequência, principalmente, do acúmulo de gases que provocam o efeito estufa, como o CO₂ e o CH₄. A destruição da camada de ozônio também contribui para o aquecimento global, pois aumenta a incidência de raios UV na superfície terrestre aumentando a quantidade de energia em nosso planeta proveniente do sol (sic). Mas o foco está nos gases estufa e dentre os gases o principal vilão é o gás carbônico (CO₂). O gás metano (CH₄) é um gás com propriedades que o torna um ótimo gás de efeito estufa, mais até do que o CO₂. Porém, em quantidade muito maior o CO₂ é o grande responsável pelo efeito estufa no nosso planeta.</p> <p>O carbono está presente no nosso planeta de formas variadas compondo um ciclo que esteve em equilíbrio adequado para a maioria dos seres vivos. Este ciclo tem efeito direto na regulação da temperatura do planeta. Quantidades enormes de carbono estão retidos nos organismos, principalmente nas plantas e fitoplânctons e nas grandes reservas de CaCO₃. Outra forma acumulada de carbono está nas reservas de petróleo.</p> <p>O homem, na sua necessidade energética, tem provocado a queima das diversas formas de carbono acumulado pela natureza, principalmente o petróleo, emitindo constantemente (sic) gás carbônico, provocando um desequilíbrio no ciclo do carbono.</p> <p>O aquecimento global provoca o derretimento das calotas polares o que traz outro efeito no sentido de aquecimento. O gelo reflete 90% dos raios solares. A água reflete apenas 20% dos raios. Isso mostra que além dos outros efeitos negativos como inundações de áreas costeiras, esse derretimento vai influenciar ainda o aquecimento do nosso planeta”.</p>

Apêndice H: Análise das respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção.

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção

Estudante	Respostas
01	<p>“A Terra vem sofrendo mudanças constantes e esse conjunto de mudanças traz grandes consequências afetam diretamente a manutenção da vida nesse planeta. Uma delas é o aquecimento global; muitos cientistas apontam causas naturais para a ocorrência desse fenômeno climático e apóiam a idéia de que a Terra se adaptou a essas mudanças, dentre elas, climáticas, desde a sua formação e que sempre houve uma adaptação natural às necessidades dos organismos existentes e da própria Terra e que o aquecimento global dentre as outras mudanças faria parte desse processo no qual a Terra provavelmente se adaptaria e se auto-regularia para produzir as condições necessárias para manter-se em equilíbrio. No entanto, muitos estudiosos afirmam que o aquecimento global, como todas as outras mudanças que afetam a vida no planeta são ocasionadas (s) por ações antrópicas, é o caso do cientista James Lovelock, que afirma que todos os organismos contribuem para as mudanças, no entanto, esse processo acelerado, devido a (sic) ação humana, que não visualiza o sistema terrestre como um todo, onde todas as ações afetam os diversos ciclos naturais e podem trazer grandes consequências a todos, (sic) J. Lovelock propôs esse princípio (sic) através da Teoria Gaia, onde trata a Terra como um sistema cibernético fechado em que as ações contínuas revelam-se em um feedback que pode ser tanto positivo, quanto negativo”.</p>
02	<p>“As causas (sic) naturais apontadas para o aquecimento global são a grande quantidade de erupções vulcânicas, o aumento da atividade solar, e a elevação da temperatura dos oceanos. As causas antrópicas para esse problema são a queima dos combustíveis fósseis, queima das florestas, produzido pelas indústrias. Segundo a teoria Gaia os seres vivos transformam a Terra e esta transforma os seres vivos. Sendo um ciclo natural estas transformações”.</p>
03	<p>“De acordo com alguns autores, as causas do aquecimento global podem ser tanto por causas naturais quanto por causas antrópicas. A utilização de uma visão sistêmica da terra (sic) para entender as causas naturais são hoje bastante utilizados pela comunidade científica. A teoria gaia que enxerga (sic) a terra como unidade ou sistema dinâmico e interligado ajuda na compreensão de causas naturais quando analisado que os organismos alteram seu ambiente de forma a modifica-los (seja de forma benéfica ou não). Porém a (sic) teoria não tem como objetivo (já que organismos alteram seu ambiente) parar com as lutas contra o aquecimento global. Numa visão das causas apartir (sic) de ações antrópicas (causadas pelo homem), a crise ambiental o mundo está passando por uma crise do conhecimento (que tem início na revolução industrial). Se analisarmos que cada organismo altera seu ambiente, entenderemos que o homem também altera a terra (sic), o problema está na intensidade de alteração e no curto espaço de tempo que isto está acontecendo. Sejam então causas naturais ou antropicas (sic), o fato é que o aquecimento global vem interferindo e desequilibrando vários processos no planeta (está acontecendo uma reação em cadeia). Já que as causas antrópicas (homem) podem estar acelerando o processo do aquecimento, atitudes afirmativas devem ser tomadas (se o problema é a falta de conhecimento ou não) antes que a situação se agrave ainda mais”.</p>
04	<p>“A maior parte dos cientistas considera a potencialização do efeito estufa como causa antrópica. Tais grupos afirmam que o homem devasta (principalmente nos últimos séculos) os recursos ambientais de forma que o meio ambiente não consegue (sic) restabelecer o seu equilíbrio na mesma forma em que (sic) esse é alterado. Entre as causas do efeito estufa são frequentemente citados (sic): a queima de combustíveis fósseis, a devastação dos ecossistemas (sic), o consumo desenfreado etc. Essas razões resultam numa maior liberação dos gases do efeito estufa, como o CO₂ e o CH₄. Por outro lado, outros grupos definem o aquecimento global como causa natural, que sempre ocorreu e continuará ocorrendo. Tais cientistas alegam que o brusco aumento registrado (sic) nos termômetros, pode ser devido a medições irregulares próximas a zonas de calor, que ocorre (sic) principalmente em grandes cidades. Além disso, que com (sic) a diminuição da atividade vulcânica, diminua o efeito albedo causado por partículas em suspensão eliminadas (sic) por vulcões, e assim entre uma maior quantidade de energia luminosa e colabore com esse aumento. Quanto ao aumento do gás CO₂ na atmosfera, dizem que com a elevação da temperatura dos oceanos (sic) tais gases que ficam dissolvidos nos oceanos se dispersam na atmosfera.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção	
Estudante	Respostas
	Ambas as visões analisam (sic) a terra (sic) numa visão sistêmica, onde os vários ciclos e sistemas interagem e mudanças bruscas em um deles podem alterar todo o equilíbrio”.
05	<p>“Em um ponto de vista, o aquecimento global é visto como consequência de ações antrópicas, devido ao aumento de gases efeito estufa na atmosfera por conta da queima de combustíveis fósseis e carvão para produção de energia. Esses gases são tidos como gases efeito estufa, já que retêm a energia radiante em forma de calor proveniente da superfície terrestre, (sic) com esse aprisionamento a temperatura atmosférica aumenta, causando o aquecimento global, já que essa energia não é lançada para o espaço externo. Já um outro ponto de vista, defende que o aquecimento global é ocasionado por causas naturais, já que na história do planeta, ele esteve constantemente mudando de temperatura média, com períodos de glaciação onde a temperatura era mais elevada e de acordo com pesquisas, a época atual é de inter-glaciação, portanto um aquecimento global é natural. Tal ponto de vista defende que a Terra tem um poder de auto-regulação, seja, ela é um sistema fechado em que componentes biológicos e físico-químicos através de alças de retroalimentação promove (sic) a homeostase do planeta, ou seja, de si próprios (sic). Porém tal visão, não defende o descaso com os recursos desse sistema, pois sabe que determinadas ações intensificam de maneira negativa processos naturais”.</p>
06	<p>“Aquecimento global, tema extremamente polêmico nos dias atuais, alguns dizem que é algo natural, outros dizem que ações antrópicas são responsáveis por ele. Pessoas que dizem que o aquecimento global possuem causas naturais, baseiam-se nos estudos geológicos que demonstram que a Terra durante sua história sempre sofreu sucessivos resfriamento e aquecimento além de afirmarem que o sol (sic) também está mais quente (sic) o que implica em maior quantidades de radiação atingindo o planeta. Contudo (sic) pessoas que dizem que o aquecimento global é causado pelo homem, utilizam-se do fato de que mesmo a Terra aquecendo e resfriando durante toda sua história, nunca os dados mostraram o aquecimento tão alto como os de hoje em dia (nem mesmo na era das grandes erupções). Além de afirmarem que o aquecimento e resfriamento aconteciam numa escala de milhares de anos e hoje esta (sic) ocorrendo em magnitudes maiores e em décadas (sic). Importante analisarmos também a sistemática da Terra, apesar de ser um planeta grande tudo esta (sic) ou indiretamente interligado, uma atitude aqui no Brasil (sic) pode afetar o Japão (sic). O que apóiam o aquecimento como causas naturais (sic) podem argumentar que é apenas mais uma época de aquecimento natural só que com um pouco mais de força e que a Terra superou os aquecimentos passados (sic) e vai superar essas (sic). Cientistas que crêem como (sic) ações antrópicas (sic) são responsáveis pelo aquecimento, argumentam que nossas ações prejudicam os ciclos de nitrogênio, carbono e metano e que estão causando um aquecimento que está fazendo com que a Terra chegue ao seu limite. O fato é que precisamos encontrar forma de retardar (sic) o aquecimento acelerado, pois causas naturais ou antrópicas (sic), chegaram (sic) um momento que tomaram magnitudes insuportáveis a (sic) vida na Terra”.</p>
07	<p>“Os cientistas que apontam o aquecimento global como um processo natural (sic) baseiam-se entre outros motivos (sic) nos ciclos glaciais terrestres e apontam que a Terra se encontra atualmente em um período interglacial, que este aquecimento faz parte do ciclo. Já os cientistas que culpam o Homem, levam em consideração toda a degradação e desequilíbrio ambiental causados pelo consumo exacerbado. A alta emissão (sic) de gases estufa como gás carbônico e metano produzidos pelos seres humanos na queima de combustíveis fósseis (sic) como o petróleo e outros processos nada ajudam na homeostase do planeta. Os cientistas pregam uma conscientização do Homem e a implantação de processos industriais e sociais que degradam menos a Terra”.</p>
08	<p>“O fenômeno (sic) do aquecimento global atual pode ter causa natural devido a (sic) Terra possuir ciclos climáticos no qual a Terra esquenta a pontos no qual (sic) a temperatura média (sic) do planeta supera o limite para assim passar a resfriar-se, as quais (sic) geram glaciações, entretanto o aquecimento global muito provavelmente é causado por ações antrópicas (sic) pois sem a intervenção (sic) humana (sic) toneladas de CO₂ não seriam emitidos para a atmosfera, que intensifica (sic) o efeito estufa e também o aumento nos buracos da camada de ozônio devido a emissões (sic) de outros poluentes com por exemplo compostos CFC”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção

Estudante	Respostas
09	<p>“O aquecimento global é um sério problema sócio-ambiental debatido com frequência na mídia sob muitos aspectos e visões. Alguns dizem que ele é causado por questões naturais, como o aumento natural da temperatura terrestre. Outros apontam causas antrópicas, como a manipulação excessiva do ambiente pelo homem, como fator-chave do problema. Segundo aqueles que acreditam em causas naturais como agente causador do problema, e tomando como ponto de vista as teorias de Gaia e CST, a Terra, como sendo um organismo vivo e um sistema cibernético capaz de se auto-regular e interagir com as mudanças que os seres vivos que nela habitam causam, e ainda como sendo um sistema energeticamente aberto à radiação solar, gerando como subproduto das suas interações o aquecimento global. Segundo estes, tal aquecimento nada mais é do que resultado dos processos biogeoquímicos a que a própria Terra submete-se.</p> <p>Já segundo aqueles que aceitam que o aquecimento global tem causas antrópicas, os seres vivos, e entre eles destaca-se o homem, é que tem (sic) explorado e submetido demais a Terra a diversos fatores resultantes de sua busca pelo consumo e bem-estar, como poluição em massa, dejetos e materiais pesados descartados inadequadamente, dentre outros. Esses afirmam que nós é que superaquecemos o planeta, aumentando a emissão de gases do efeito estufa e degradando a Biosfera. Podem apoiar-se na visão da teoria CST, segundo a qual a Terra não é viva, não podendo portanto auto-destruir-se (sic).</p> <p>O debate persiste, porém, é válido ressaltar que, sejam quais forem as causas, o aquecimento global é um problema real e urgente, e que precisa ser tratado com seriedade e rapidez, a fim de evitar consequências piores e devastadoras”.</p>
10	<p>“O aquecimento global é discutido a respeito das causas desse fenômeno se seriam (sic) antrópicas ou naturais. Os que defendem que o aquecimento global é causado pela ação antrópica utilizam o argumento de que eles poluem através da queima de combustíveis fósseis, queima das florestas, emissão de CFC, lixo e outros fatores que contribuiriam para o aumento da concentração de CO₂ a diminuição do albedo terrestre (reflete os raios do sol (sic) para o espaço) gerando um aumento da temperatura, pois esse aumento da temperatura levaria ao derretimento das calotas polares, o aumento do nível oceânico, então a ação humana desencadearia reações em cadeia (sic) onde uma alteração levaria a outra. Os que defendem que o fenômeno do aquecimento global é causado pela natureza, mostram que no passado já existiram eras quentes e frias, o que seria um fenômeno natural, que ocorreria mesmo sem a interferência do homem, e que talvez esteja iniciando a fase fria pois (sic) o Oceano pacífico (sic) já está em resfriamento e pesquisas indicam que o oceano (sic) resfriara nos próximos anos. Então o aquecimento global já existia antes do homem surgir. O problema não é a causa do aquecimento global e sim a sua intensificação e isso se daria a ação humana, devido a modificações que fazem no ambiente”.</p>
11	<p>“É comum (sic) havermos (sic) debates sobre o fenômeno do aquecimento global que até então possuem (sic) causas naturais e antrópicas. O aquecimento global como causas naturais está ligada (sic) ao efeito estufa, efeito esse indispensável para a manutenção da vida uma vez que este efeito é que regula a temperatura da terra (sic). Devido os (sic) raios solares que chegam na terra (sic) uma parte deste é refletida (sic) por gases existentes na atmosfera isso (sic) regula a temperatura e sem isto a terra (sic) seria muito fria portanto (sic) sem condições de habitação. Esse processo se depara com a visão sistêmica da terra (sic) segundo a qual a terra (sic) vive em constantes transformações mas (sic) os indivíduos desenvolvem condições de adaptações e permanência, devido a Alças de retroalimentação e homeostase. Há causas antrópicas onde o homem na verdade vem intensificando esse processo de aquecimento devido ao lançamento cada vez maior de gases na atmosfera e ações que levam o (sic) uso irresponsáveis (sic) dos recursos naturais, um marco histórico que acelerou esse processo de aquecimento é a Revolução industrial”.</p>
12	<p>“A terra (sic) é um sistema vivo e está em constante transformação. As ações dos seres vivos tem (sic) uma resposta no meio ambiente, e o aquecimento global pode ser causado naturalmente pelo desequilíbrio homeostático (sic).</p> <p>Mas o homem é um dos agravadores do aquecimento, devido ao excesso de gases poluentes lançados diariamente na atmosfera, segundo a teoria Gaia a atmosfera, os oceanos, a terra são interligados por um sistema de feedback, esse desequilíbrio antropico (sic) afeta todo o planeta”.</p>
13	<p>“Um dos principais debates no meio científico é a respeito das causas do fenômeno do aquecimento global. Os que apontam causas antrópicas como as principais para a ocorrência do fenômeno do aquecimento global afirmam que o homem é o principal responsável pelo aumento da temperatura global, devido ao lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), que retêm o calor na atmosfera, causando o aquecimento global. Segundo estes, o aquecimento global é um fenômeno recente, que começou a ocorrer no século XIX, com o início da Revolução Industrial e o aumento da população mundial. Eles afirmam que o aquecimento global é um problema sério, que pode causar graves consequências para o planeta e para a humanidade, como o derretimento das calotas polares, o aumento do nível do mar, a seca e a desertificação, entre outros. Segundo estes, é necessário tomar medidas urgentes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e evitar o aquecimento global.”</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção

Estudante	Respostas
	<p>argumentam que são evidenciadas alterações das condições climáticas a partir da Revolução Industrial, época em que a humanidade passou a emitir enormes quantidades de gases do efeito estufa (principalmente CO₂) na atmosfera, por conta da queima de combustíveis fósseis nos processos industriais. Esses argumentos são baseados em evidências das alterações das taxas dos gases atmosféricos medidos em bolhas de ar presas no gelo polar, aferidas por cortes desse gelo onde pode-se estudar a atmosfera de muitos anos passados, sendo esse um dos principais argumentos de quem aponta causas antrópicas como as principais para a ocorrência do aquecimento do planeta, já que evidencia alterações em um dos sistemas mais importantes para a estabilidade da temperatura global, o sistema atmosférico.</p> <p>Do outro lado do debate estão os que apontam causas naturais como as principais para a ocorrência do fenômeno do aquecimento global. Esses argumentam que o planeta Terra passa, naturalmente, por ciclos de alterações climáticas geradas por diversas causas das alterações nas taxas dos gases atmosféricos, como atividades vulcânicas, oscilações da radiação solar por distanciamento e inclinações da Terra em relação ao Sol e até mesmo alterações nas condições climáticas globais por influência de mecanismos e metabólitos de sistemas vivos, argumentos embasados em estudos das condições atmosféricas desde a formação da Terra.</p>
14	<p>“O aquecimento global ainda é muito discutido, principalmente as suas causas. Há quem acredite que o efeito estufa, que ocorre por ser uma ação natural do planeta para manter a temperatura da Terra estável, influencia no clima mas (sic) constitui uma causa natural e que as mudanças ocorridas são naturais porque os organismos tendem a modificar o seu ambiente (assim como acontece com a disseminação (sic) do oxigênio) e que essas modificações são lentas e graduais porque a própria Terra regula esses acontecimentos.</p> <p>Porém existem cientistas que (sic) apontam o problema do aquecimento global como consequência das ações antrópicas, o efeito estufa é natural mais o homem o intensifica já que libera todos os dias gases do efeito estufa (CO₂ e CFCs) aumentando sua concentração na atmosfera. O homem intensifica esses (sic) efeitos naturais quando promove o desmatamento e a poluição dos oceanos destruindo vidas fotossintetizantes que diminuiriam a concentração de CO₂. A liberação de CO₂ pelos humanos também intensificam (sic) o efeito estufa. O CO₂ é liberado pelas indústrias (sic), queimadas, automóveis e pela queima de combustíveis fósseis”.</p>
15	<p>“A polêmica sobre aquecimento global segrega a comunidade científica no que diz respeito a (sic) quem acredita em que é observado até que ponto este aquecimento ocorre por conta do homem ou por causa natural. Embora ambos os lados entrem em um consenso sobre a visão da Terra como um sistema. Para aqueles que acreditam que o aquecimento é proveniente de causas naturais, os argumentos são baseados nos períodos de glaciação e interglaciação onde (sic) ocorrem resfriamento e aquecimento do planeta respectivamente, para esta comunidade científica é possível que estejamos passando por um momento de interglaciação na qual as emissões de CO₂, de vapor d’água e outros gases do efeito estufa estão sendo aumentados naturalmente dentro da visão sistêmica do planeta essas emissões são causadas principalmente por conta do aquecimento natural dos oceanos que impedem principalmente a absorção de CO₂ favorecendo desta maneira a emissão do gás para a atmosfera. De acordo com estes cientistas as emissões de CO₂ são feitas (sic) pela produção natural dos seres vivos, acreditando que a quantidade produzida artificialmente pelo homem ainda seja de pouca relevância.</p> <p>Para estes cientistas que acreditam nas causas naturais, em 2090 poderemos presenciar o resfriamento do planeta Terra e eles acreditam que em alguns locais do planeta este resfriamento já esteja ocorrendo como (sic) no caso da Groelândia que já foi uma “floresta verde” e hoje apresenta montanhas de gelo. Então na visão dos cientistas (sic) o aquecimento global está dentro da normalidade do sistema da Terra.</p> <p>Já no que diz respeito ao outro lado da comunidade científica, acredita que o aquecimento global está ocorrendo devido à ação antrópica, para esta comunidade as emissões de gases poluentes (CO₂, NH₃, CFCs) estão sendo potencializadas devido às atividades humanas. A população humana vem crescendo aceleradamente e os recursos ambientais não estão acompanhando esse crescimento, por conta disso o sistema da Terra está perdendo seu equilíbrio e a sua capacidade de auto regulação (sic), concentrando cada vez mais gases maiores do que os recomendados para manter o equilíbrio do Planeta. O aumento destes níveis ocorre devido à diminuição na capacidade principalmente dos oceanos de absorver CO₂, esta diminuição</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção

Estudante	Respostas
	acontecendo justamente porque a quantidade deste gás está sendo produzido (sic) de forma desequilibrada com isso houve um aumento na temperatura, ocasiona também uma diminuição no nível de reflexão da luminosidade (albedo) o que provoca maior aquecimento da Terra. Portanto o homem está potencializando a emissão destes gases tanto na indústria (sic), como na agricultura, na produção de CFC's tanto como o desmatamento, acelerando desta forma um aquecimento que deveria estar ocorrendo naturalmente, ultrapassando assim a capacidade de auto regulação do sistema da Terra".
16	<p>“Alguns pesquisadores afirmam que o aquecimento global é um evento natural devido à capacidade autorregulatória da Terra (alças de retroalimentação) associada à (sic) estudos que comprovam que a Terra passou por várias fases de resfriamento e aquecimento ao longo da história. O efeito estufa, por exemplo (sic) é necessário para a manutenção da vida na Terra. Assim, acredita-se que os seres vivos são necessários para a regulação da biosfera; ou seja, o planeta Terra é visto como um grande organismo que depende das interações com os seres vivos para se manter.</p> <p>Outros pesquisadores acreditam que as ações antrópicas, ao invés de manter o planeta “vivo”, está destruindo-o. A emissão de gases para a atmosfera, intensifica o efeito estufa impedindo que a maior parte do calor saia, o que aumenta a temperatura. Queimadas e desmatamentos também alteram o clima, não apenas localmente, mas no planeta como um todo. Estudos mostram elevação da temperatura, derretimento das geleiras, entre outros, de forma mais intensa nos últimos anos; coincidentemente ou não, essas elevações de temperatura ocorrem proporcionalmente com a elevação do nível de CO₂ na atmosfera.</p> <p>A visão sistêmica da Terra estuda o planeta como um grande organismo, e avalia sua história desde antes das primeiras formas vivas surgirem. Essa teoria evidencia que a temperatura terrestre aumentou após o surgimento dos primeiros seres vivos, o que comprova que os seres vivos (independentemente de o aquecimento global ser natural ou de responsabilidade antrópica) interferem na temperatura do planeta”.</p>
17	<p>“Nas discursões (sic) acerca do aquecimento global, a visão de que as causas para o mesmo são naturais defende que a terra (sic) vem se aquecendo (sic) naturalmente e que os animais sempre modificaram os ambientes explorando os recursos. O efeito estufa, tido como vilão, é abordado como fator natural de manutenção de vida no planeta e o aquecimento do planeta é, então, caracterizado como algo natural independente da espécie humana e sua forma de vida. No entanto, a visão antagônica da discursão (sic) afirma que as causas são antrópicas, pois mesmo a terra (sic) sendo um sistema auto-regulado onde o aquecimento e efeito estufa são fatores naturais, o homem desregularia este equilíbrio, a exemplo do consumo desenfreado dos recursos ou acúmulo de gases que maximizam o efeito estufa. A terra (sic) segundo a teoria Gaia, é um organismo (não vivo) autopoietico (sic), capaz de se regular e que possui homeostase e a ‘visão antrópica’ defende que o homem altera esta autopoiese planetária ao explorar a terra (sic) ‘como parasita’”.</p>
18	<p>“Os argumentos empregados na defesa da visão de que o aquecimento global é devido a causas naturais afirmam que, como diz a teoria Gaia, a Terra é um sistema onde os seres vivos modificam o ambiente onde vivem de modo a gerar e manter condições necessárias à vida e são modificados por ele, ou seja, que o aquecimento global é uma causa natural advinda das transformações dos seres vivos e da ação do ambiente como a atividade solar e as erupções vulcânicas, por exemplo. Já a visão de que o aquecimento global é devido a ações antrópicas não elimina o fato de que os seres vivos mudam o ambiente onde vivem, mas explica que o problema é a intensidade com que essas mudanças são realizadas (como o homem intensifica suas ações, acaba prejudicando o ambiente por essas ações). Isso porque a homeostase (mantimento (sic) do equilíbrio) do planeta tem um limite para continuar em equilíbrio, e se se (sic) as mudanças fossem exageradas, causaria um desequilíbrio e essa homeostase poderia não mais ser recuperada. Entre as ações que alteram aceleradamente este equilíbrio feito pelo homem (sic) está a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a queima de florestas, o aumento da emissão dos gases do efeito estufa, os depósitos de carbono entre outros fatores. Essas ações só têm aumentado a intensidade com o passar do tempo e mostrando cada vez mais como é prejudicial para todos e como pode não ser revertido”.</p>
19	<p>“Os argumentos empregados na defesa que apontam causas naturais para o fenômeno do aquecimento global são que os dados gerados sobre o aumento dos gases do efeito estufa não são precisos e que a Terra ao longo de milhões de anos, passou por várias modificações climáticas e modificações na atmosfera no qual (sic)</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção	
Estudante	Respostas
	<p>composto CO₂, responsável por intensificar o efeito estufa se encontra (sic) em baixas concentrações. Os especialistas que apontam que os fenômenos (sic) do aquecimento global é provocado por causas antrópicas se baseiam em dados que indicam que a queima de combustíveis fósseis, consequentemente liberação de CO₂, um dos compostos do efeito estufa, provocou um aumento na temperatura e que o desmatamento florestal faz diminuir o albedo com isso a Terra recebe mais radiação solar, aumenta sua temperatura. Com o aumento da temperatura as geleiras também são comprometidas, elas também são responsáveis pela reflexão da radiação, com seu derretimento, intensifica mais a diminuição do albedo.</p>
20	<p>“As causas naturais apontam para uma alteração na temperatura da Terra que pode aumentar com o passar dos anos ou ocasionar resfriamento. Esse desequilíbrio pode ser decorrente de modificações que os seres vivos causam no planeta. As principais causas antrópicas são: o desmatamento, queimadas, poluição dos ambientes, má utilização dos recursos naturais, elas podem também atingir o efeito estufa, apontado como um grande causador do aumento na temperatura na Terra.</p> <p>A energia do Sol enviada para o nosso planeta é distribuída da seguinte maneira: 34% é refletida de volta para o espaço e 74% atinge a superfície da Terra. $\frac{3}{4}$ (sic) dessa energia é transformada em calor e $\frac{1}{4}$ forma as nuvens e vapor d’água. Os gases do efeito estufa impedem que esse calor seja enviado para o espaço, o calor aquece a Terra e a troposfera (camada de ar da Terra). Quando ações antrópicas são muito intensas, desestabiliza o efeito estufa causando um aumento na temperatura da Terra.</p> <p>Segundo a teoria de Lovelock a Terra funciona como um sistema cibernético, onde a atmosfera do planeta é formada de acordo com a presença de transformações ocorridas pela presença de seres vivos, que através de suas atividades biológicas ou antrópicas alteram o clima do planeta”.</p>
21	<p>“Analisando a Terra como um sistema que se mantém em equilíbrio, os defensores de causas naturais dizem que a Terra tem períodos frios e quentes que ajudariam no equilíbrio térmico e na manutenção dos ecossistemas do planeta. Esse aquecimento natural do período pelo qual passamos seria causado pelas erupções vulcânicas e os gases que soltam na atmosfera, o aquecimento natural da água dos mares e o também natural efeito estufa.</p> <p>Já os que acreditam que o aquecimento é resultado de ações antrópicas provocadas pelo homem, pensam que os sistemas existentes no planeta e que possibilitam a vida de todas as espécies estão sendo degradados pelo ser humano, e isso estaria causando o desequilíbrio térmico. As principais causas seriam: o aumento da emissão de gases poluentes, como o CO₂ e os CFCs (que estariam intensificando o efeito estufa); o desmatamento; o degelo e consequentemente a diminuição do albedo”.</p>
22	<p>“Na polêmica questão do aquecimento global controvérsias surgiram a esse fato: causas naturais x causas antrópicas. De acordo com a teoria Gaia a Terra é como um sistema cibernético onde os seres vivos têm (sic) capacidade de modificar seu ambiente e é por isso que a Terra contém (sic) vida.</p> <p>As causas que provocam o aquecimento como as erupções vulcânicas, não causariam o aquecimento global se não fosse a intensidade pelas ações humanas já que a Terra é um sistema fechado, porém que troca energia. Assim as causas naturais aconteceram mais como a Terra tem a capacidade de autoregulação (sic) através das alças de retroalimentação essas causas não teriam impacto grande para o sistema, pois mantendo seu equilíbrio homeostático ela faria com que o aquecimento não acontecesse já que ela regula sua temperatura através do efeito estufa que mantém (sic) a temperatura da Terra entre 14° e 15°C, então só há o aquecimento pois são emitidos mais gases do efeito estufa do que o necessário e com isso há alteração na capacidade da Terra de manter a homeostase.</p> <p>Alterações causadas pela intensificação de alguns processos pelos seres vivos (humanos) causam alterações antrópicas (sic) isso porque eles desmatam para gerar agricultura, porém isso é benefício para eles pois gera muita renda (dinheiro). Com isso as populações crescem economicamente, aumenta a geração de empregos, há possibilidades e maior disponibilidade para compra de produtos industrializados e isso faz crescer a economia do país, porém influencia para que mais pessoas desmatem gerando mais aquecimento global”.</p>
23	<p>“A observação do ciclo de Milankovitch é coerente com o comportamento da Terra (sic) hoje. O mesmo ciclo informa (prevê) que o planeta sofrerá um resfriamento, após o aquecimento, em função das manchas solares que devem se intensificar até 2030 (sic). Há a detecção de diminuição de temperatura no Oceano Ártico. Está sendo também discutido o benefício do efeito estufa p/ (sic) que não permaneça a Terra em temperatura constante”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção

Estudante	Respostas
	<p>abaixo de zero, como previsto (sic). Porém, a Terra vista de forma sistêmica, é possuidora de mecanismos de retroalimentação, respondendo positivamente às alças de feed back (sic). O planeta Terra sofre um nó em seu controle, por prevalecerem os feed back (sic) positivos, ou seja, os produtos em excesso determinam a intensificação da sua produção. Então o aumento da temperatura, por exemplo, pode desencadear desequilíbrios no ecossistema, que promovam ainda mais a sua elevação. O desmatamento das florestas tropicais podem reduzir drasticamente a captação de CO₂, gás importante na produção do efeito estufa. A redução da absorção de água nos lençóis freáticos, pode diminuir a biodiversidade da forma que contribui (sic) a semeadura de espécies da flora, úteis ao sombreamento da floresta, contribuindo p/ (sic) o aquecimento, o exemplo”.</p>
24	<p>“O fenômeno do aquecimento global é um dos debates mais intrigantes do meio científico atualmente; quem a acredite que esse fenômeno nada mais seja do que uma causa natural e a (sic) quem diga que se é causado pela ação do homem.</p> <p>O efeito estufa ao contrário (sic) do que muitos pensam não é causado pelo homem mas sim uma consequência natural, sem o efeito estufa a vida na terra (sic) seria inviável pois ao mesmo tempo que a terra estaria quente com a reflexão dos raios solares ela ficaria fria. O efeito estufa surgiu como uma forma de a terra (sic) auto-regular-se é (sic) através dessa causa natural que a terra propiciou um ambiente biologicamente tolerável para a vida. O efeito estufa é responsável (sic) pela homeostase terrestre apoiada dessa forma a Hipótese Gaia de James Lovelock, a qual considera a terra (sic) um organismo vivo. Se olharmos por esse lado o aquecimento global é sim uma causa natural mas (sic) se olharmos a ação humana podemos “repensar” sobre o assunto.</p> <p>O fato é que a poluição e a alteração do ambiente causado pelo homem, vem (sic) fazendo com que o efeito estufa de certa forma se torne mais “eficaz”, pelo fato de o efeito estufa está (sic) retendo mais do que o necessário; o que acontece na verdade é um feedback positivo, com a destruição da camada de ozônio (O₃) pelo uso de CFC (clorofluorcarbono), principalmente; a quantidade de raios solares que atingem a superfície terrestre é maior, isso somado ao desmatamento (ou seja, o homem vem tirando a capacidade do planeta respirar) vem fazendo com que a temperatura aumente; com a emissão de CO₂ cada vez maior, o CO₂ vem tornando com que (sic) o efeito estufa torne-se mais “eficaz”, ou seja o planeta reflete menos raios solares p/ (sic) o espaço com isso a temperatura na atmosfera vem aumentando gradualmente (o efeito estufa retém mais calor).</p> <p>Com o aumento da temperatura as geleiras vem derretendo e fazendo com que o nível do mar aumente tornando-se desde já uma ameaça para cidades costeiras.</p> <p>O fato é: o efeito estufa sempre existiu isso é uma causa natural, o aquecimento global só é possível graças à intervenção humana na atmosfera”.</p>
25	<p>“Os argumentos de que as ações antrópicas são causadoras do aquecimento global são apoiados no fato de que as emissões de carbono devido a (sic) queima de combustíveis fósseis está acelerando o efeito estufa (sic) é observável pois após a revolução industrial percebe-se um rápido e gradual (sic) aumento na temperatura do planeta. Outras atividades humanas são também associadas ao aquecimento global como as criações de rebanhos que emitem grandes quantidades de metano que é muito mais poluente que o CO₂ e tem uma capacidade maior de reter o calor.</p> <p>Entretanto sabe-se que durante a história da Terra, a mesma passou por eras de aquecimento e resfriamento naturais, alguns defendem que o aquecimento que presenciamos hoje não passa de um evento natural, mas sim, porquê (sic) um dos principais agentes do efeito estufa e (sic) justamente o vapor d’água (sic) presente na atmosfera, o vapor retém (sic) as radiações do albedo terrestre (sic) e as emite de volta aquecendo o planeta, esse (sic) processo pode gerar mais vapor d’água, aumentando gradualmente a temperatura do planeta”.</p>
26	<p>“A biosfera como um todo, por si só sofre mudanças e essas mudanças vem (sic) sendo estudadas desde os tempos primitivos (sic), até hoje. Porém essas mudanças ocorreram com o passar de muitos anos, dando origem assim as (sic) espécies de animais, plantas..., tempo de evoluírem e para se adaptarem e então evoluírem ao contrário que se têm nos tempos atuais as mudanças que são fenômenos naturais ocorrem (sic), porém de uma forma muito mais intensificada, através das ações antrópicas. Tais ações estão refletindo diretamente no meio, que segundo a teoria de Gaia é um ecossistema fechado de interligações, ou seja, se um ecossistema</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção	
Estudante	Respostas
	afetado, os outros também sofreram (sic) os impactos. No aquecimento global existe um fator muito importância o efeito estufa, que é um efeito natural que mantém a temperatura da terra (sic) constante e diversidades existentes, contudo com a ação antrópica, através da emissão de poluentes como, H ₂ O (vapor d'água), CO ₂ , CFC... na atmosfera. Tais gases agem como uma barreira impedindo que a radiação infravermelha seja refletida de volta para o espaço, fazendo com que a temperatura global aumente. Por consequência, do aumento do nível do mar, derretimento das calotas polares e extinção de algumas espécies entre outras.

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção	
Estudante	Respostas
01	<p>“No meio científico temos dois grandes pesquisadores que defendem idéias opostas a respeito do aquecimento global. Por um lado temos o mexicano Enrique Leff que atribui ao homem toda a responsabilidade pelo aquecimento (sic). Seus principais argumentos consideram o desenvolvimento tecnológico, desde a revolução industrial até os dias atuais com (sic) principais fontes de degradação ambiental. Nesse aspecto Leff suscita a questão do consumo exacerbado e o descaso da humanidade com o ambiente.</p> <p>Por outro lado temos Lewontin que explica que alterar o meio em que vivemos é um processo natural e não é exclusividade dos humanos. Em um dos seus textos Lewontin exemplifica a mudanças drásticas na atmosfera primitiva proporcionada pelo advento da fotossíntese que tem como produto o oxigênio que foi mortal para grande dos organismos presente na época, ou seja, alteramos o nosso ambiente desde os primórdios e essa é uma característica universal seja de vegetais, animais ou bactérias.</p> <p>Pensando como Lewontin podemos enxergar a Terra como um sistema unificado de inter-relações que modificam o planeta como um todo. Observa-se, porém, que as alterações no globo se dão de forma natural e que é somente a intensidade com que alteramos o ambiente que o torna caótico e impossibilitado de regeneração. Portanto, é necessário admitirmos (sic) a grande crise que temos sobre o conhecimento que temos para então podermos direcionar nossa atenção exclusivamente para o foco em questão; a crise ambiental”.</p>
02	<p>“De acordo com a visão sistêmica, o planeta terra (sic) é um sistema que tem sua homeostase (equilíbrio) regulado (sic) por alças de retroalimentação que mantém (sic) as condições como, a temperatura, concentração de gases na atmosfera, níveis de radiação solar em padrões compatíveis com a existência da vida. O planeta possui períodos de maior temperatura e de menor temperatura.</p> <p>Alguns poucos cientistas apontam o aquecimento global como decorrente de causas naturais e o planeta sendo auto-regulado poderia normalizar a temperatura. Outros cientistas apontam causas antrópicas como o aumento da concentração de gás carbônico devido a primordialmente a utilização de combustíveis fósseis (sic) como petróleo e carvão mineral, que antes estavam aprisionados no interior da terra. Sendo o planeta terra (sic) um sistema interligado uma alteração por ação antrópica como emissão de gás carbônico pode levar a uma reação em cadeia e uma quebra na homeostasia (sic) global”.</p>
03	<p>“Para as causas naturais podemos usar o exemplo da Teoria de Gaia, onde acredita-se que a terra (sic) é um sistema vivo e que esse aquecimento faz parte do ciclo natural da terra (sic).</p> <p>Outros acreditam em causas antrópicas onde o Homem é o mais causador (sic) do problema, por conta da grande quantidade de poluição atmosférica causadas (sic) pela nossa emissão de gases poluidores como CO₂ (gás carbônico).</p> <p>Estudos atuais defendem o seguinte ponto (sic) o planeta terra (sic) é sistêmica (sic), analisando então o ciclo dos gases “fundamentais” para a existência de vida no planeta podemos então ter subsídios (sic) para a compreensão (sic) do problema analisando o ciclo dos gases do efeito estufa com (sic) CO₂, N₂, H₂O percebemos que o planeta tem meios regulatórios para manter a vida, mais com a intervenção do Homem que por meio de crescente poluição por meio do CO₂ e grande desmatamento e partes florestais (sic) e poluição oceânicas (sic), não estamos dando tempo ao planeta de se “reciclar”. Analisando então as causas</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	do aquecimento (sic) podemos perceber onde está o grande desafio do Homem. Como foi visto os efeitos do aquecimento global ocorre em cascata, pois “perdemos” os nossos agente (sic) reguladores. Como as escasseis (sic) de nuveis (sic), o derretimento das geleiras, o aquecimento das águas oceânicas, todos os exemplos são os nossos agentes reguladores pois auxiliam na manutenção de temperatura no planeta se eles a tedência (sic) é o aumento da temperatura sendo então impossível a vida na terra (sic). O Homem então não entra como agente causador do aquecimento mais sim como um agravante do problema”.
04	<p>“O fenômeno do aquecimento global tem se agravado nos últimos anos, várias causas apontam esse fenômeno como as antrópicas e naturais (sic).</p> <p>As causas antrópicas, dentre elas podemos citar como consequência da falta de consciência, o desmatamento, a grande produção de lixo, o aumento do número de automóveis circulantes pelas cidades liberando CO₂ na atmosfera entre outros gases como o metano, CFC. Como consequência temos o efeito estufa, os gases ficam retidos pois (sic) alguns deles bloqueiam a passagem desses gases com esse aquecimento ocorre o degelo das calotas polares e sérias inundações.</p> <p>A teoria de Gaia “vê” o planeta como um sistema homotermico (sic) porém estamos alterando demais alguns ciclos que desequilibram esse sistema chegando a se tornar irreversível e o limite é a nossa consciência.</p> <p>A terra como sistema semi-aberto onde alteração deriva de um fator desencadeia sérios problemas”.</p>
05	<p>“Estamos sofrendo uma crise ambiental e de conhecimento, pois não temos a certeza do que realmente passa, se o planeta está esfriando, se está esquentando. Se o desequilíbrio do planeta se deve ao homem isso iria acontecer breve, naturalmente? Cientistas afirmam que as atividades antrópicas estão destruindo o planeta através das emissões de CO₂ e gases estufas (sic) intensificando ainda mais o efeito natural, por ser perigoso quando intensificado, o Efeito estufa. O aumento (sic) da temperatura do planeta e a poluição atmosférica tem causas humanas (sic), pois são nossos carros que jogam percentagens altíssimas ao ar. O CO₂ e CO, são nossas indústrias (sic) que liberam óxidos nítricos, somos nós que desmatamos.</p> <p>Já outros cientistas afirmam que isso iria acontecer e que a concentração de gases na atmosfera é apenas uma consequência do superaquecimento terrestre, pois de acordo com amostras coletadas estamos passando por uma fase que antecede uma era glacial, e comprovou que o ano mais quente se deu em 1998. Logo o planeta já começou a ter sua temperatura em desequilíbrio. E agora? Em quem acreditar ?”</p>
06	<p>“A defesa de que o aquecimento global é causado pelas causas naturais defende a idéia de que todo organismo altera seu meio, mas com limites. Logo a teoria de Gaia está incluída nessa visão de que a terra (sic) sofre mudanças mas ela é capaz de se autorregular (sic), entretanto, se os limites da alteração do meio influenciadas pelos organismos forem ultrapassados a terra (sic) pode responder com catastróficas consequências, principalmente como o aumento da temperatura da terra (sic), levando a uma possível extinção em massa.</p> <p>Outro argumento que causa (sic) o aquecimento global é a ação antrópica. O homem está modificando o meio mas (sic) com alta intensidade através consumismos (sic) exagerado (sic) com o desenvolvimento de tecnologia avançadas (sic) despertando para um crescente consumismo e conseqüentemente causando vários danos ao ambiente.</p> <p>O excesso de gases poluentes é outro importante fator do aquecimento global por que ele bloqueia a passagem de radiações provenientes (sic) do sol (sic) para fora da terra (sic): ocasionando uma barreira que é causada não só pela emissão de gases poluente mas (sic) também pelas ilhas de calor presentes nas grandes cidades. Com essa interferência da liberação dos gases que foram emitidos leva ao acúmulo (sic) de mais energia ou seja mais quente a terra (sic) vai ficando. Conseqüentemente o acúmulo de CO₂ na atmosfera (sic) e a extinção das plantas que absorvem esse CO₂ leva ao aumento da temperatura que influencia em diferentes regiões causando (sic) secas extremas e derretimento desenfreado nas geleiras da Groelândia. Todas essas consequências levam ao fenômeno do aquecimento global”.</p>
07	<p>“Atualmente existe um debate a cerca (sic) do fenômeno do aquecimento global, alguns cientistas defendem que este aquecimento está sendo proporcionado por causas antropicas (sic) (ou seja pelo homem) eles argumentam que com o avanço tecnológico houve um aumento no índice de poluição atmosférica. Esse aumento implica na intensificação do efeito estufa, que é o mecanismo que proporciona vida na terra”.</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>(sic), essa intensificação é causada pela emissão de gases como CO₂, metano e CFCs, as evidências (sic) empíricas dessa afirmação é a comparação das emissões de CO₂ durante os anos e da quantidade existente hoje na atmosfera.</p> <p>Esse efeito produz graves conseqüências como a destruição de ecossistemas, derretimento das geleiras, aumento dos mares dentre outros.</p> <p>Do outro lado tem os cientistas que não acreditam nesse aquecimento global, eles defendem que é algum período novo que a terra (sic) está passando como já existiu essa mudança de período a era glacial, outros falam que é devido ao inclinação (sic) da terra (sic)”.</p>
08	<p>“A questão ambiental como o aquecimento global vêm (sic) sendo destacado desde no final do século com surgimento da crise da civilização. Onde se passa a questionar a racionalidade tecnológica dominante. De modo que as questões ambientais se interconectam com questões econômicas. De modo geral o crescimento populacional tem sido uma das causas da crise ambiental atual. Além de esta (sic) relação com a ação de modificação do ambiente causado pelo homem. Que pode ser entendido como uma atitude normal, pelo fato de que todos os seres vivos modificam de certa forma o ambiente (sic). O problema está (sic) na intensidade desta modificação. O aquecimento global é (sic) causado por alteração no efeito estufa. O efeito estufa está relacionado com o clima e os fatores que afetam. Gases vulcânicos e radiação solar podem afetar o clima (causas naturais), desmatamento, emissão de gases (ação antropica(sic)). A radiação pode ser refletida (albedo) ou absorvida e reemitida (sic) com calor para (sic) o espaço. Os gases de efeito estufa impedem que parte deste calor vá (sic) para o espaço. Permitindo que a temperatura da terra (sic) se mantenha constante, e caso não agissem a temperatura do planeta estaria a baixo (sic) de zero. A emissão antrópica (sic) de gases do efeito estufa podem aumentar este processo e aumentar a temperatura. Mas, através de observação paleoclimática (sic), se tem observado que o CO₂ da atmosfera no passado era menor do que o do atual, mas no entanto (sic) a temperatura da terra (sic) era maior nestes períodos interglaciais passados. Pode ser que a causa do aquecimento global não seja a emissão de CO₂ por atividades humanas (sic).</p> <p>Dessa forma o que se tem observado no cenário atual, e que existe uma crise de conhecimento, na qual se tem certeza que fatores podem causar a crise ambiental de forma que isso impede o seu enfraquecimento (sic)”.</p>
09	<p>“A teoria que aponta as causas do aquecimento global como de origem antrópica afirma, por exemplo, através das análises de testemunhos de gelo, os teores de dióxido de carbono na atmosfera alcançaram concentrações muito elevadas nos últimos tempos, a partir do séc XVIII (revol. Industrial), devido à queima de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral, gás natural. Segundo essa teoria esses gases de efeito estufa são antropogênicos (sic) pois a proporção de carbono leve nos combustíveis fósseis é maior, já que o carbono pesado tem uma meia vida que não o permitiria ainda estar presente no CO₂ dos combustíveis fósseis.</p> <p>A teoria que afirma que as causas do aquecimento global são naturais, busca evidências na tentativa de refutar a outra. Por exemplo, diz que o aumento de CO₂ na atmosfera deve ser resultado e não causa do aumento de temperatura, pois ao aumentar a temperatura o CO₂ dos oceanos diminuiu a solubilidade e passa a se concentrar na atmosfera. O aumento de temperatura pode ser causado pelas variações dos ciclos climáticos naturais da terra (sic) (períodos glaciais e interglaciais), outra resposta para tal aumento seriam os ciclos de Milankovich (sic), que mostram a variação na intensidade da radiação luminosa que incide na terra (sic), através da distância terra/sol (sic) ou mudanças no eixo de rotação da terra (sic) e do sol (sic). Ao analisar testemunhos de gelo foi possível observar nos períodos interglaciais anteriores que as concentrações de CO₂ e variação de temperatura apresentam atrasos entre o aumento/diminuição de temperatura e o crescimento/redução de CO₂, evidenciando que o aumento de CO₂ na atmosfera pode não ser o causador direto do aquecimento global. As contradições nos mostram que além de uma crise ambiental, vivemos uma crise de conhecimento.”</p>
10	<p>“Os cientistas apontam diversas causas (sic) para o aquecimento global. As causas antrópicas e causas naturais.</p> <p>A verdade (sic) é que a Terra por si só é um sistema que basicamente modifica a vida daqueles que nela vivem.”</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>vivem e também é modificada por esses seres vivos.</p> <p>O aquecimento global é um fenômeno provocado pela intensificação do efeito estufa. O homem, com certeza contribui para esse aquecimento, na medida em que quando este homem (ser humano em geral) derruba florestas reduzindo a densa camada vegetal, faz queimadas liberando gases de efeito estufa, constrói depósitos de lixo a céu aberto e principalmente quando este ser humano utiliza a queima de combustíveis fósseis (liberando dessa forma o CO₂) para a atmosfera. Todas essas ações humanas que favorecem a intensificação de efeito estufa e consequente aquecimento global são fatos comprovados cientificamente do poder que o homem tem para modificar (muitas vezes para pior) o ambiente natural. Em contra-partida o aquecimento global também é provocado de maneira natural. Por exemplo: na respiração, os mais diversos animais aeróbicos (animais em geral) utilizam o O₂ presente no ar e liberam CO₂ para a atmosfera. O CO₂ como se sabe é um gás de efeito estufa. Bovinos por exemplo liberam (sic) o gás da flatulência (sic) o metano (CH₄) para a atmosfera. As erupções vulcânicas também liberam muitos gases que contribuem para a intensificação do efeito estufa e consequente aquecimento global. Outro fator natural importantíssimo para o aquecimento global é a questão da radiação solar que de tempos em tempos aumenta de intensidade, provocando dessa forma o aumento da temperatura na terra (sic).</p> <p>É importante salientar que realmente, o ser humano se destaca em relação aos outros seres vivos como agente influenciador do clima na Terra devido a sua intensidade de realizar suas ações (diversas vezes de forma exagerada). Trabalhando-se com a visão de que o planeta Terra é um sistema pode-se dizer que inevitavelmente os seres vivos que aqui residem modificam o seu meio ambiente e também são modificados por ele. Por exemplo, as plantas que penetram suas raízes no solo e coexistem com bactérias e simbioses, modificam aquele solo, elas também são modificadas pela natureza na medida em que por exemplo (sic) dependem da luz solar para produzir seu próprio alimento (através da fotossíntese).</p> <p>O ser humano, como já dito anteriormente, modifica e muito o seu ambiente, obviamente, algumas vezes de forma exagerada e desnecessária. Por isso, o ser humano deve criar consciência de que ele pode usar a natureza a seu favor mas (sic) deve para isso utilizar de maneira controlada para que não venha a destruir o sensível equilíbrio existente na Terra.</p> <p>A Terra como um sistema, propicia a todos os seres que nela vivem em equilíbrio (homeostase) muito sensível e que tende a manter sempre condições ótimas (propícias) à vida na Terra. Esse equilíbrio pode ser facilmente perturbado pois (sic) de uma maneira simples tudo o que existe neste planeta está interligado de alguma forma.</p> <p>O ser humano como todo ser vivo residente (sic) neste planeta é modificado pelo ambiente e também modifica”.</p>
11	<p>“Além de uma possível crise ambiental, no meio científico há uma crise de conhecimento, onde paira a dúvida (sic) o aquecimento global é uma ação antrópica ou natural? Os que defendem a ação antrópica baseiam nas ações de poluição e degradação do meio ambiente, eles abordam que além de alterar o meio por emissões de gases para a produção de bens de consumo, para obter energia, há uma utilização dos recursos naturais sem a preocupação de reposição. Existe (sic) aqueles (sic) acreditam que a terra (sic) é um sistema auto-regulador e que o aquecimento global é apenas um efeito da era inter glacial (sic). O sistema da terra (sic) ao que se pode inferir é que esse sistema é (sic) delicado. Para apoiar suas hipóteses eles utilizam dados do albedo terrestre e do gelo, buscando no passado respostas para o presente. E utilizam (sic) em algumas vezes os mesmos argumentos só que com resultados diferente ou questionando a forma de obter esse resultado.</p> <p>A terra (sic) é viva? Se autoregula (sic)? Como fala a hipótese a questão é o quanto ou até quando vai o sistema desse [ilegível]. Toda vida se autoregula (sic) até um certo ponto chega [ilegível] em que não é mais possível voltar ao equilíbrio e o organismo morre”.</p>
12	<p>“Com relação as (sic) causas do aquecimento global muitos acreditam que sejam por causas antrópicas e outras seja por interferência do homem, enquanto outros acreditam que seja por causas naturais. As causas antrópicas desse aquecimento seriam o aumento de gases do efeito estufa lançados na atmosfera pelo homem.</p> <p>Já as causas naturais seria (sic) o aumento da irradiação solar e diminuição do albedo. A Terra é um sis</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	de alças de retroalimentação positiva e negativa capaz de manter sua homeostase. Porém se houver um desequilíbrio muito grande que supere o limite para a manutenção dessa homeostase a mesma pode não acontecer e o aquecimento global é consequência desse desequilíbrio. Os que defendem que esse desequilíbrio foi gerado pelo excesso de gases estufas (sic) emitidos, argumentam que o aumento da temperatura acompanha o aumento de CO ₂ e outros gases estufas (sic) na atmosfera e que nunca houve registro de uma quantidade tão grande desses gases na atmosfera. Os que acreditam que as causas do aquecimento são naturais argumentam que manchas encontradas no sol (sic) aumentam a radiação solar emitida por ele e se formos observar uma escala da medida da radiação emitida pelo sol (sic) esse valor vem aumentando nos últimos tempos”.
13	“James Lovelock que iniciou a Teoria Gaia através de seus estudos e observações percebeu que a melhor forma de descobrir a presença de vida nos planetas é estudando suas atmosferas. O que o levou a perceber que a atmosfera da Terra era diferente da de Vênus e Marte, sendo assim concluiu que o desequilíbrio químico da atmosfera terrestre se deve a (sic) presença de vida na Terra, dessa forma conclui-se (sic) que seres vivos alteram o ambiente e os tornam adequados a existência da própria vida. A Teoria Gaia propõe que a Terra é um sistema cibernético, que através de retroalimentações positivas e negativas mantém a homeostase terrestre, sendo este um sistema auto-regulatório. É importante lembrar que os seres vivos alteram o ambiente que vivem, não só o homem mas todos os seres vivos, embora o homem tem intensificado essa alteração causando um desequilíbrio químico na atmosfera terrestre. Pode-se falar da intensificação do efeito estufa que vem causando o aquecimento global. Alguns defendem causas antrópicas se baseando nas seguintes ações que ilustram exemplos de retroalimentação positiva. A queima de combustíveis fósseis, aumenta (sic) a taxa de CO ₂ na atmosfera (gás estufa) uma vez essa taxa de CO ₂ aumentada há um aumento na temperatura. O desmatamento diminui a taxa de CO ₂ consumido, aumentando a quantidade de CO ₂ na atmosfera e consequentemente há o aumento da temperatura. O aumento da temperatura, aumenta (sic) o degelo, diminuindo o albedo sendo assim há um aumento na temperatura. Não só há causas antrópicas para o aquecimento global, mas estas superam as causas naturais”.
14	“O aquecimento global é causado por emissões de gases, que aumentam o nível de temperatura (sic) da Terra. Vale lembrar, que a Terra tem um mecanismo de aquecimento, pois senão a temperatura no planeta seria tão baixa, a ponto de ser inviável a existência de vida. O que acontece é que a concentração destes gases está aumentando, fazendo com que o aquecimento normal comece a se desequilibrar. De acordo com a Teoria Gaia, proposta por James Lovelock, os organismos estão constantemente alterando a Terra a fim de sua própria adaptação (sic). A teoria ainda diz que a Terra, seria (sic) um sistema cibernético, capaz de regular a sua própria homeostase através de alças de retroalimentação, contudo dentro de um limite. Se este limite for ultrapassado, o sistema entraria em total descontrole e não conseguiria se equilibrar. Muitos críticos desta teoria afirmam que, através deste pensamento, a Teoria Gaia acha desnecessário a utilização de medidas drásticas a fim de evitar o super aquecimento (sic) global. Chegam a compará-la com uma anticiência”.
15	“Vários são os motivos apontados como causas para o aquecimento global. Alguns acreditam que esse fenômeno possui causas naturais, como o efeito estufa e o aquecimento dos oceanos. Outros acreditam que as causas são antrópicas, como a emissão de gases poluentes na atmosfera, desmatamentos, despejo de lixo em locais impróprios e exploração excessiva dos recursos naturais. Tendo como ponto de partida a visão sistêmica da Terra, podemos entender o porque (sic) dessas divergências de opiniões: a alteração de um fator leva à alteração de outro. Se o efeito estufa está sendo intensificado, a quantidade de calor retida pelo planeta irá aumentar, aquecendo ainda mais o planeta, os oceanos, aumentando o (sic) derretimento das geleiras (sic) que implica da (sic) redução do albedo terrestre, diminuindo a reflexão dos raios solares e, de forma cíclica, aumentando a temperatura da Terra”.
16	“O fenômeno do aquecimento global é um fato atualmente. Porém, ainda há controvérsias sobre seu acontecimento por causas naturais ou antrópicas. Nas causas naturais nós temos alguns exemplos como a teoria de Gaia, que considera a Terra como um

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>unidade de sistema único de interações complexas e altamente interdependentes. Ao afirmar a Terra como um sistema, pode-se dizer que ela atua para o equilíbrio das vidas existente (sic) nela de forma adequada onde os seres vivos transformam o ambiente e são transformados por ele também. Para isso, a ação do homem não seria a causa central do desequilíbrio, mas sim, que a Terra teria eras de temperaturas mais quentes e mais frias ao longo do tempo e que estaríamos vivendo agora uma dessas eras.</p> <p>As causas antrópicas são mais evidentes, ao ponto que o mau uso da tecnologia e o desenvolvimento exacerbado da urbanização, estão afetando de maneira direta e indireta a natureza. A destruição de florestas (e sua biodiversidade), o mau uso de fertilizantes, o lixo doméstico e a emissão em larga escala de gases poluentes são alguns exemplos de ações da humanidade. O homem, na verdade, não é o único ser vivo capaz de modificar o ambiente em que vive para seu benefício, porém, é o que o faz de maneira destrutiva afetando não só a si próprio mas (sic) a todo o ecossistema”.</p>
17	<p>“Tanto o homem quanto a natureza contribuem para a questão do aquecimento global. A ação antrópica contribui pelo (sic) seu consumo acelerado dos recursos naturais (sem se preocupar e colocá-lo no lugar); o desmatamento, a poluição e também consumo desenfreado de água. Porém, a natureza também contribui com suas causas naturais como as atividade (sic) vulcânicas, a radiação solar etc”.</p>
18	<p>“O assunto aquecimento global levanta um grande debate (sic) no meio científico que pode levar por várias veredas. Alguns pesquisadores afirmam que o aquecimento global é natural, que é um ciclo da Terra no qual ela se aquece e se resfria depois, baseiam-se (sic) em vários fatos como por exemplo (sic) a questão do efeito estufa, processo pelo qual a Terra mantém (sic) parte da energia absorvida do sol (sic), ser natural. Porém outros pesquisadores afirmam que apesar do efeito estufa ser natural o homem vem intensificando com a emissão de gases poluentes como o CO₂ que faz parte do efeito estufa, tais pesquisadores se baseiam (sic) em pesquisas como por exemplo (sic) quanto a (sic) emissão de CO₂ a qual diz que se atingirmos o nível de 500ppb de CO₂ na atmosfera irá desencadear uma reação chamada na teoria de gaia de retroalimentação positiva onde o aumento da temperatura pela grande quantidade de CO₂ tem vários caminhos a ser sendo (sic) que todos eles culminam (sic) no mesmo lugar: aumentar ainda mais a temperatura como por exemplo (sic) o derretimento das geleiras além de todos os problemas que viriam desse fato (sic) a temperatura da Terra seria aumentada por dois fatores, (sic) as geleiras devolvem para o espaço 90% dos 30% da energia solar absorvida, uma vez derretida (sic) não estaria mais emitindo essa energia, além das geleiras serem queixo suíço (sic) de metano outro (sic) que compõe o efeito estufa com capacidade bem maior que o CO₂ para impedir que o calor saia.</p> <p>Em suma a Terra está aquecendo de uma forma ou de outra e esperar consenso na ciência é o mesmo que os pesquisadores deixem (sic) de questionar hipóteses e teorias e através disso descobrir novos fatos. A questão é quando vamos começar a tomar alguma atitude favorável tanto para a Terra quanto para o homem?”</p>
19	<p>“As causas do fenômeno do aquecimento global são atribuídas por alguns a causas (sic) naturais e por outros a ação antrópica. Isso se dá pela falta de conhecimento em relação ao assunto e pontos que favorecem essas visões.</p> <p>Todos os organismos modificam o meio para melhor se estabelecerem, isto é visto claramente no ser humano, este é o organismo que mais modifica o ambiente, e por conta de pensar em questões de economia, deixe (sic) de lado as questões ambientais. Sendo assim, é inegável perceber a degradação ambiental por meio do homem. Determinadas ações antrópicas, como por exemplo, o desmatamento, interferem no ciclo da água, uma vez que há uma relação entre eles. Se uma grande massa de floresta for retirada de um local, vai alterar sua evapotranspiração influenciando no ciclo hidrológico, afetando não necessariamente o local desmatado, mas uma outra região. Assim pode ser percebido uma ligação entre “pontos” na Terra, podendo esta ser vista como um sistema.</p> <p>Os argumentos favoráveis as (sic) causas naturais apontam que o planeta passa por períodos, às vezes mais quentes, às vezes mais frios. Logo estaríamos entrando num novo período de aquecimento, tendo a ação antrópica um papel secundário na ocorrência desse fenômeno”.</p>
20	<p>“O aquecimento global como causa natural sugere que o planeta esteja em uma “fase quente”, onde</p>

Análise das Respostas à questão discursiva aplicada logo após a intervenção –

Estudante	Respostas
	<p>vulcanismo, maior radiação solar ou alterações na órbita da terra (sic) sejam (sic) responsáveis pelo aumento da temperatura.</p> <p>Supõe-se, que após 2030, o planeta não estará na sua “fase quente’ mais, e sua temperatura diminuirá.</p> <p>Como evidência defendendo esta visão, ao absorver a história climática do planeta e temperatura, o planeta realmente apresenta variações, “fases” quentes e frias.</p> <p>Como causa antrópica, há o argumento que o aquecimento global varia com o aumento de CO₂ na atmosfera, e que o desmatamento, emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis contribua para o aumento de CO₂ na atmosfera, como um gás estufa, o CO₂ vai intensificar o efeito estufa, aumentando a temperatura do planeta. O aumento da temperatura forma ciclos de retroalimentação positiva, ou seja, a tendência seria aumentar ainda mais a temperatura com a crescente emissão de CO₂. O desmatamento contribuiria diminuindo a absorção de CO₂, influenciando no ciclo do carbono absorvido pelas plantas.</p>
21	<p>“A causas naturais pode (sic) ser relacionada (sic) com a Teoria de Gaia proposta por Lovelock em que a Terra é considerada um sistema semi-aberto, com alça de retroalimentação, que tenta manter o equilíbrio. O organismo interage com o meio e vice-versa (sic), ou seja, toda mudança que ocorre no organismo consequentemente afetará o meio. A ação antrópica é uma alça de retroalimentação positiva (sic) pois com o aumento da emissão de CO₂ acarreta (sic) aumento da temperatura que ocasiona outros grandes efeitos e assim sucessivamente”.</p>
22	<p>“Os argumentos que acreditam que a terra (sic) está aquecendo de maneira natural é baseado que a terra (sic) sempre passou por períodos de aquecimento e resfriamento e que no momento atual estaríamos passando por uma era interglacial e o aquecimento seria natural e essa visão de aquecer e resfriar faria parte do (sic) sistema natural da terra (sic) e que ela se regularia sozinha (Homeostase). Os argumentos que embasam o aquecimento global como derivado de ações antrópicas é que vêm aumentando (por parte do homem desde a primeira revolução industrial) a emissão de gases estufas que impede (sic) a saída de calor da terra (sic). Com esse calor retido haveria o aumento da temperatura média da terra (sic) e numa visão sistêmica se altera a temperatura que interfere em vários ciclos biogeoquímico esses (sic) ciclos seriam afetados já que numa visão da terra (sic) como sistema tudo está intrinsecamente (sic) relacionado”.</p>