

**UNICAMP**

**NÚMERO: 044/2011**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CRISTIANE OLIVEIRA DE BARROS**

**DISCURSOS ESCOLARES SOBRE O CICLO DO CARBONO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra.

**Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA**

**CAMPINAS - 2011**

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca  
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

B278d Barros, Cristiane Oliveira de, 1980-  
Discursos escolares sobre o ciclo do carbono / Cristiane Oliveira  
de Barros-- Campinas,SP.: [s.n.], 2011.

Orientador: Henrique Cesar da Silva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,  
Instituto de Geociências.

1.Ciclo de carbono (biogeoquímica). 2. Análise de discurso. 3.  
Geociências – Estudo e ensino. 4. Mudanças climáticas. 5. Exame  
Nacional do Ensino Médio. I. Silva, Henrique Cesar, 1969- II.  
Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III.  
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Speeches on the school cycle of carbon.

Palavras-chave em inglês:

Carbon cycle  
Discourse analysis  
Geosciences – Study and teaching  
Climate change  
ENEM

Área de concentração: Ensino e História de Ciências da Terra

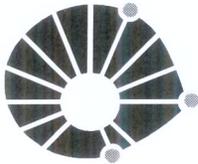
Titulação: Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra.

Banca examinadora:

Henrique Cesar da Silva (Orientador)  
Maurício Compiani  
Suzani Cassiani

Data da defesa: 29/08/2011

Programa de Pós-graduação: Ensino e História de Ciências da Terra.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

**AUTORA:** Cristiane Oliveira de Barros

“Discursos Escolares sobre o Ciclo do Carbono”

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Henrique César da Silva

Aprovada em: 29 / 08 / 2011

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Henrique César da Silva

Presidente

Prof. Dr. Mauricio Compiani

Profa. Dra. Suzani Cassiani

Campinas, 29 de agosto de 2011.





*Aos que sempre estarão próximos e torcendo por mim...*

*Meu esposo Daniel*

*Meus pais Vera e Cláudio.*

|



*Ademais, a verdade...  
o que é senão uma construção discursivamente moldada, que  
muda de tempos em tempos?*

*GREGOLIN*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao orientador *Prof. Dr. Henrique César da Silva*, pela sua paciência, confiança, valiosos ensinamentos e sugestões que me ajudaram muito a amadurecer profissionalmente.

Aos professores presentes nos exames de qualificação e defesa deste trabalho, *Profa. Dra. Suzani Cassiani e Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz, Prof. Dr. Mauricio Compiani e Prof. Dr. Francisco Sérgio Ladeira*, pela dedicação, comentários e críticas ao texto, muito importantes na elaboração da versão final deste trabalho.

Aos queridos amigos, docentes e funcionários do Instituto de Geociências, pela imensa colaboração; destaque para as gentilezas da *Val, Regina e Gorete!* Sem esquecer meu sempre amigo *Sr. Aníbal!!!*

Agradeço o companheirismo, amor, ajuda e paciência do *Daniel*, meu marido, que sempre me apoiou nos momentos de dificuldade e desânimo, que soube me dar a mão quando precisei. Você é minha fortaleza, te amo muito.

Minha família maravilhosa, a quem tenho a alegria de pertencer, meus amados pais *Cláudio e Vera*, que com muito esforço me proporcionaram uma educação valiosa. Meu irmão *Leandro* que me presenteou com o amor de meu sobrinho *Ierys*. Meus sogros, sempre dispostos a uma boa conversa, *D.Ana e Sr. Osvaldo*. Meus cunhados sempre amigáveis *Jú, Keli, Amaro* e queridos *César e Débora*, que nos deram a preciosa *Eloísa*.

Aos inestimáveis amigos do IG, por toda companhia e palavras de incentivo, aos da velha guarda, *Leandro* (e seu eterno mau humor), *Gallo, Marcel, Josi, Cris, Cajamar. Pavia*. Aos novos amigos, *Gabriela* (a TRI-mãe do *Artur, Miguel e Otavio*), *Cecília, Edson, Daiane Terezinha e Mariana*, ainda os companheiros de pesquisa *Alexandra, Flávio, Juliano, Roberto, Gabriela, Aline e Gabriel*. Agradeço pelo apoio imprescindível, pelos valiosos conselhos e pela motivação nos momentos difíceis.

Aos meus queridos amigos de risos, lágrimas e cervejas, *Nessa, Lú, Nane, Pedê, Rose e Rita, Flavinha, Camilão, Francis e Samuel, Marião e Diego!* Vocês são fantásticos e moram no meu coração!

Ao *Fluk (meu fofo), Rosinha, Bino, Nina e Joe*, e os que já se foram deixando lembranças e saudades *Niger, Lion e Tobinho!!* Apesar dos latidos, com certeza, me ajudaram a descansar a alma e pensar mais calmamente.

À CAPES/INEP/Observatório da Educação, pelo financiamento em forma de bolsa de pesquisa.

Por fim, agradeço a Deus, fonte de força e sustentação que me acompanha, me motiva, dá coragem e proteção.

Valeu!!!

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>01</b>
<b>2.</b>	<b>O Discurso.....</b>	<b>07</b>
<b>3.</b>	<b>As diferentes formas de olhar o mesmo.....</b>	<b>13</b>
3.1	O uso dos conceitos de Ciclo/Sistema na aprendizagem.....	16
3.1.2	Ciclo .....	16
3.1.3	Sistema .....	20
3.2	O Sistema na Biologia .....	22
3.3	Conceito sistêmico na Geografia .....	24
3.4	O geossistema na geologia .....	30
3.5	O tempo .....	39
3.6	O homem como parte do sistema terrestre .....	42
<b>4.</b>	<b>Ciclo do Carbono em suas várias apresentações.....</b>	<b>49</b>
4.1.	A dispersão de sentidos .....	49
4.2.	Por que ciclo do carbono na escola .....	55
4.2.1	Ciclo do Carbono no Ensino Médio .....	79
4.3.	Compreendendo sentidos na escrita .....	82
4.4.	Quando texto e imagens se complementam .....	94
<b>5.</b>	<b>Enem e o ciclo do carbono.....</b>	<b>107</b>
5.1	Contextualizando o ENEM.....	109
5.2	Análise de questões do ENEM .....	112
5.2.1	Procedimentos de análise de questões do ENEM .....	114
5.3	Analisando o Ciclo do Carbono.....	127
<b>6.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>141</b>
	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>145</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 3.1:</b> Ciclos compoendo um Sistema.....	18
<b>Figura 3.2:</b> Os principais componentes e subsistemas do sistema Terra.....	32
<b>Figura 3.3:</b> Sistemas Terrestres.....	33
<b>Figura 4.1:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	51
<b>Figura 4.2:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	52
<b>Figura 4.3:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	52
<b>Figura 4.4:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	53
<b>Figura 4.5:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	53
<b>Figura 4.6:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	54
<b>Figura 4.7:</b> Representação do Ciclo do Carbono.....	54
<b>Figura 4.8:</b> Objetivos do Ensino Fundamental.....	57
<b>Figura 4.9:</b> Reservatório e Fluxos de Carbono.....	85
<b>Figura 4.10:</b> Circulação do Carbono no sistema terrestre.....	87
<b>Figura 4.11:</b> Coleção Construindo a Geografia.....	93
<b>Figura 5.1:</b> Relações entre competências e habilidades na prova do ENEM.....	116
<b>Figura 5.2:</b> As esferas terrestres.....	132
<b>Gráfico 3.1:</b> Variação da temperatura global e da concentração de CO <sub>2</sub> ao longo de 450.000 anos, obtido através da análise de testemunhos de gelo.....	37
<b>Gráfico 5.1:</b> Evolução de inscritos no ENEM.....	111
<b>Tabela 5.1:</b> Questões com abordagem de ciclo, sistema e gás carbônico no ENEM.....	115
<b>Tabela 5.2:</b> Questões específicas de ciclo e sistema no ENEM.....	118
<b>Tabela 5.3:</b> Concentração de Carbono em Seus Reservatórios.....	134

|



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra**

## **DISCURSOS ESCOLARES SOBRE O CICLO DO CARBONO**

### **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Cristiane Oliveira de Barros

Entender o funcionamento de nosso planeta em sua complexibilidade, em diferentes processos e acoplamentos entre eles, tem sido um desafio para cientistas em todo mundo em diversas áreas. Estender este conhecimento, a perspectiva da sua complexidade, à escola e aos alunos é um desafio ainda maior, já que passa pela estrutura curricular, produção de materiais didáticos, avaliação e mediação docente. Isso certamente também se relaciona com questões ambientais. Discursos sobre ambiente são produzidos por diversas ciências, com seus arquivos e suas condições de produção, mas também por outras vozes e em outras instâncias e instituições. Discursos esses que significam e re-significam as relações homem/natureza, ciências humanas/ciência naturais, homem/ambiente, relações entre sociedade, ciência, tecnologia e ambiente. Dentre as questões atualmente mais discutidas em torno da temática ambiental estão aquelas relacionadas ao aquecimento global e às mudanças climáticas, envolvidas em controvérsias sobre a ação antrópica e, principalmente no que diz respeito ao aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico e sua possível relação com possíveis mudanças no clima da Terra. Alguns desses discursos que significam o ambiente de diferentes maneiras chegam à escola, participam da produção de discursos escolares. Outros não. Entre os sentidos e conhecimentos que fazem parte dessas questões, estão aqueles relacionados ao ciclo do carbono. Buscamos analisar possíveis efeitos de sentidos sobre esse tema cuja circulação passa pela escola, e em cuja circulação sócio-histórica mais ampla, a escola tem um papel. Este trabalho tem como objetivo analisar diferentes textualizações do ciclo do carbono, ou seja, materiais que nos permitem produzir sentidos sobre esse assunto, tanto na forma de imagens quanto na forma verbal escrita, enquanto definições encontradas em livros didáticos. Materiais que circulam em escolas. Além desses materiais, foram analisadas questões do ENEM que tratam especificamente desse tema, como uma das formas pelas quais determinados sentidos sobre o ciclo do carbono chegam à escola. A perspectiva teórico-metodológica foi baseada na Análise de Discurso de origem francesa que nos permite observar os efeitos de sentidos produzidos pelos diferentes discursos sobre o ciclo do carbono. Bem, como em aspectos da epistemologia das geociências, de onde derivamos as categorias de análise. Acreditamos que nosso trabalho contribui para a compreender e para ressaltar o papel de conhecimentos e da perspectiva epistemológica das geociências nas escolas, trazendo à reflexão a utilização de concepções que possibilitem aos alunos desenvolver um entendimento do sistema terrestre.

**Palavras-chave:** Ciclo do Carbono, Análise de Discurso, Ensino de Geociências, Mudanças Climáticas, ENEM.

|



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra

SPEECHES ON THE SCHOOL CYCLE OF CARBON

ABSTRACT

Masters Degree Dissertation  
Cristiane Oliveira de Barros

Understand the workings of our planet in its complexity, in different processes and linkages between them, has been a challenge for scientists around the world in several areas. Extending this knowledge, the prospect of their complexity, the school and students is an even greater challenge, as is the curriculum structure, production of teaching materials, teacher evaluation and mediation. This certainly relates to environmental issues. Discourses on the environment are produced by various sciences, with their files and their conditions of production, but also by other voices and other bodies and institutions. Mean that these discourses and re-signify the man / nature, human sciences / natural science, human / environment relationships between society, science, technology and environment. Among the currently most discussed issues around the environmental issues are those related to global warming and climate change, involved in controversies about human action and especially with regard to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> and its relation to possible changes in climate Earth. Some of these speeches that mean the environment in different ways come to school, participate in the school production of speech. Others do not. Between the senses and knowledge that are part of these issues are those related to the carbon cycle. We seek to analyze possible effects of meaning on the subject on which traffic passes through the school, whose circulation and broader socio-historical, the school has a role. This work aims to analyze different textualizações of the carbon cycle, ie, materials that allow us to make sense of this, both as images and written in verb form, while definitions found in textbooks. Materials that circulate in schools. In addition to these materials were analyzed ENEM issues that specifically this issue as one of the ways in which certain meanings about the carbon cycle to school arrive. The theoretical-methodological approach was based on Discourse Analysis of French origin that allows us to observe the effects of meaning produced by the different discourses on the carbon cycle. Well, as aspects of the epistemology of geosciences, from which we derive the categories of analysis. We believe our work helps to understand and to highlight the role of knowledge and epistemological perspective of the geosciences in schools, bringing to reflect the use of concepts that enable students to develop an understanding of the Earth system.

**Keywords:** Carbon Cycle, Discourse Analysis, Teaching of Geoscience, Climate Change, ENEM



## 1. Introdução

Buscando compreender o complexo ciclo do carbono se insere como componente no funcionamento de um sistema global ainda mais complexo, como o nosso planeta, foi inquietante observar como o mesmo, possui inúmeras descrições e abordagens, e em muitas ocasiões estava relacionado diretamente a assuntos que hoje frequentam noticiários com destaque e preocupação – o aquecimento global e/ou mudanças climáticas. Abriu-se assim uma janela de questionamentos sobre como o tema é trabalhado nas escolas e, posteriormente, avaliado em provas. Ao observar inúmeros livros didáticos amplamente divulgados em escolas e as questões relacionadas ao assunto no Exame Nacional do Ensino Médio, pude constatar que o tema apresenta distintas abordagens.

Discursos sobre ambiente são produzidos por diversas ciências, como a Biologia que tem como objeto de estudo principal o ambiente, e nas geociências, entre elas, a geografia e a geologia, com seus arquivos e suas condições de produção, mas também por outras vozes e em outras instâncias e instituições. Discursos esses que significam e resignificam as relações homem/natureza, ciências humanas/ciência naturais, homem/ambiente, relações entre sociedade, ciência, tecnologia e ambiente.

Dentre as questões atualmente mais discutidas estão àquelas relacionadas ao aquecimento global e às mudanças climáticas, envolvidas em controvérsias sobre a ação antrópica no aumento do CO<sub>2</sub> – gás carbônico - atmosférico, e sua possível relação com o clima da Terra, como desmatamentos e queima de combustíveis fósseis e, portanto, produção e consumo de combustíveis, de energia, produção industrial, sociedade de consumo. Alguns desses discursos chegam à escola, participam da produção de discursos escolares. Outros não. Dentro desses discursos, embates e controvérsias produzem-se/reproduzem-se/apagam-se diferentes significações sobre o ambiente. Os sentidos sobre o ciclo do carbono podem intervir sobre o sentido de ambiente e de mudanças climáticas e, por isso, foram tomados como foco deste trabalho.

O ministério da Educação discorreu sobre o tema na coleção Explorando o Ensino, *Mudanças Climáticas volume 13*:

O reduzido conhecimento sobre variáveis que conformam o equilíbrio do planeta nos deixa a mercê das informações que nos chegam pelos meios de comunicação. Não raras vezes, ouvimos projeções alarmantes sobre as mudanças climáticas e o futuro do nosso planeta, as quais, quase sempre, estão associadas a grandes catástrofes ambientais. No entanto, quando se fala em mudanças climáticas, não há muitas referências que possam orientar o trabalho dos educadores.

(BRASIL, 2010, p.20)

É pensando sobre estas inúmeras informações e discursos que relacionam o desequilíbrio do planeta à emissão de CO<sub>2</sub> que queremos observar, tendo como foco os discursos escolares, em sua relação com outros discursos, instituições que produzem e fazem circular discursos sobre/da ciência e da tecnologia.

Nos últimos anos temos sido amplamente informados, como alunos, professores ou pesquisadores por um ascendente de informações e referências sobre as mudanças climáticas globais que vêm ocorrendo intensamente em diferentes meios (podemos encontrar informações em todos os diferentes meios de mídia). Este tema, porém não é unanimidade na comunidade científica, sendo que as primeiras polêmicas sobre o tema começaram ainda no final do século XIX com (Fleming, 1998) e com o trabalho de Arrhenius (1896) e, desde então, há fortes debates tanto na comunidade científica, quanto envolvendo outros atores e instituições (Alley, 2005; Molion, 1995; Wagner et al., 2005; Hansen, 2005). A importância dessas temáticas na escola vem sendo ressaltada e já analisada por vários autores como Kawamura e Ribeiro (2006), Juan (2006) e Xavier e Kerr (2004) e mais recentemente Souza (2010), Boveloni e Silva (2010) e Galvão (2010). Estes temas têm repercutido na mídia pelo seu caráter político, ambiental, econômico e social (Weingart, 2000), envolvendo políticos e partidos, diversas organizações internacionais, intergovernamentais (IPCC, 2001) ou não-governamentais. Além disso, há também discursos de natureza religiosa relacionados ao tema.

Todos os dias, informações diversas nos indicam que as mudanças climáticas, caracterizadas principalmente pelo aumento das temperaturas globais, seriam principalmente causadas pela ação humana, uma vez que o homem tem “despejado” de diferentes maneiras uma grande quantidade de gás carbônico na atmosfera terrestre (IPCC, 2001). Do ponto de vista dos discursos, significações científicas, tal informação nos remonta ao estudo e a compreensão do ciclo biogeoquímico de tal elemento químico, conhecido como Ciclo do Carbono, já que ele é a

principal forma pela qual o meio ambiente faz transferências e armazenamentos energéticos desta substância na natureza.

Os reservatórios de carbono na Terra e nos oceanos são maiores que o total de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Pequenas mudanças nestes reservatórios podem causar grandes efeitos na concentração atmosférica. O carbono emitido para atmosfera não é destruído, mas sim redistribuído entre diversos reservatórios de carbono. Os outros gases causadores do efeito estufa (GEE – Gases de Efeito Estufa), ao contrário, normalmente são destruídos por ações químicas na atmosfera.

O ciclo global de carbono é afetado pelas atividades humanas e é também ligado a outros processos biogeoquímicos e climatológicos, deste modo é natural o interesse de pesquisadores em seu funcionamento, portanto, tem se levantado grande quantidade de informações sobre aspectos específicos do ciclo do carbono, mas muitos dos acoplamentos e suas ligações com outros sistemas ainda são mal compreendidos (Falkowski, 2000). Como consequência deste processo, não se tem muito conhecimento sobre como esses sistemas irão reagir diante dos processos antrópicos que, por sua vez, não se dão (não ocorrem) apenas pela emissão de gás na atmosfera e pela queima de combustíveis fósseis, como sugere grande parte dos discursos sobre essa temática ambiental.

Quando observados os diferentes sentidos possíveis abordados, em diferentes meios (didáticos e midiáticos) sobre o ciclo do carbono, pode-se ver claramente que este assunto possui inúmeras apresentações e interpretações.

Este trabalho fez parte de uma pesquisa mais ampla chamada “Processos avaliativos nacionais como subsídios para a reflexão e o fazer pedagógicos no campo do ensino de ciências da natureza”, financiada pelo OBSERVATÓRIO DA EDUCAÇÃO/CAPES/INEP, que contou com a participação de grupos de distintas universidades ligadas em rede:

- ✓ Universidade Estadual de Campinas
- ✓ Universidade Federal de Santa Catarina
- ✓ Universidade Federal de São Carlos

O grupo era formado por professores da educação básica (escolas públicas), licenciandos orientandos de Iniciação Científica e orientandos de Pós-Graduação.

A pesquisa ampla do qual este trabalho faz parte, dentre outros objetivos tinha como objeto “*compreender o sistema nacional de avaliação de aprendizagem representado pelo ENEM, a partir de três eixos complementares: as representações de leitura da ciência, das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e da noção de interdisciplinaridade que esse sistema subentende*”. Tomando como base este pensamento procurei contextualizar meu trabalho sempre considerando o ENEM, a partir dos pressupostos do projeto.

Neste contexto este trabalho buscou analisar as questões do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM, que relacionaram conhecimentos vinculados ao Ciclo do carbono, analisando seus discursos, utilizado como referência de estudo para inúmeros alunos, por professores na preparação de aulas e por autores de diversos materiais didáticos.

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma avaliação realizada anualmente, desenvolvida em 1998 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)<sup>1</sup>, órgão que centraliza e coordena os principais mecanismos de avaliação da educação brasileira, vinculada ao Ministério da Educação (MEC).

Entendo ainda que, por se mostrar o ciclo do carbono, um tema demasiadamente complexo, cuja compreensão passa por diferentes ciências, o tema pode ser seguido por diversas interpretações e abordagens, e a influência da ação antrópica referente a todos os sistemas terrestres é cada vez maior, uma vez que, o homem, ao apropriar-se da natureza e transformá-la, pode processar alterações significativas, gerando gradativamente modificações no potencial biológico e ainda mais diretamente ao ciclo do carbono que segundo FALKOWSKI (2000), é afetado pelas atividades humanas e está associado a outras ações climatológicas e biogeoquímicas. Desenvolver um olhar que permita observar os fenômenos terrestres e suas interações exige uma abordagem sistêmica, que por si só é um desafio.

Com o intuito de realizar a análise proposta utilizei a Análise de Discurso como dispositivo teórico já que ela *é um campo de pesquisa cujo objetivo é compreender a produção social de sentidos, realizada por sujeitos históricos, por meio da materialidade das linguagens* (Gregolin, 2007) tendo como função em meu trabalho mediar o movimento entre a descrição e a interpretação.

---

<sup>1</sup> INEP é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação (MEC), cuja missão é promover estudos, pesquisas e avaliações sobre o Sistema Educacional Brasileiro com o objetivo de subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas para a área educacional a partir de parâmetros de qualidade e equidade, bem como produzir informações claras e confiáveis aos gestores, pesquisadores, educadores e público em geral. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/institucional/>>. Acesso em: 18 fev 2010.

Esta fundamentação sustenta-se na concepção de linguagem, que coloca a interpretação em questão e trabalha seus limites e mecanismos, como parte dos seus processos de significação. Investiga o processo de materialização do texto, o porquê foi dito daquela maneira e não de outra, verificando as condições de produção dos sentidos, no caso dessa pesquisa, os sentidos sobre o ciclo do carbono. Este pressuposto teórico-metodológico busca trabalhar como os objetos simbólicos, linguagem verbal e imagens, produz sentidos, analisando os próprios gestos de interpretações que constituem esses objetos, que considera como atos do domínio simbólico. E como os sentidos, ou seja, efeitos de sentido se materializam em objetos textuais, sejam verbais e imagéticos.

Com o intuito de aprimorar o conhecimento acerca do ciclo do carbono, o aquecimento global e de modo geral o funcionamento do sistema Terra, foram elencados aspectos relevantes do conhecimento geocientífico, ou seja, da sua maneira peculiar de significar o mundo, que são: interconexões entre as esferas terrestres a escala temporal, escala espacial e relação homem x natureza, que permitem estudar e explicar a dinâmica natural e a relação com a dinâmica humana, social e bases fundamentais do funcionamento do nosso planeta.

Acentuando a importância de uma observação mais apurada ao ciclo do carbono e suas abordagens realizadas nos diferentes meios escolares, tenho como principais objetivos deste trabalho:

1. Investigar discursos sobre o ciclo do carbono que estão circulando nos meios escolares, por diversas formas, incluindo imagens e textos, além de questões do ENEM, ou seja, que sentidos podem ser produzidos pelo modo como o ciclo do carbono vem sendo textualizado, em textos e imagens e questões do Enem;
2. analisar e discutir a relação desses sentidos com aspectos da perspectiva epistemológica das geociências, incluindo abordagem sistêmica;
3. verificar como se efetuam, em efeitos de sentidos possíveis, ligações entre o ciclo do carbono e os referentes aos fenômenos relacionados ao aquecimento global/mudanças climáticas pelas definições e imagens e por questões do ENEM;
4. analisar possíveis relações entre o modo como o Enem é elaborado, em termos de habilidades e competências, com os possíveis efeitos de sentidos sobre o ciclo do carbono em suas questões.

5. verificar quais discursos são sobrepostos e amplamente divulgados por meio destes materiais e avaliação, em suma, quais discursos são “escolhidos” dentre várias abordagens do ciclo do carbono.

Concluo esta introdução destacando que este trabalho visa, principalmente, entender e observar como um mesmo tema parte de conteúdos tradicionalmente trabalhados na escola, como o ciclo do carbono, pode ser apresentado de maneiras tão distintas e complexas nos meios escolares (materiais didáticos, paradidáticos e avaliações) e o que significa dentro de um determinado contexto histórico-social mais amplo de significação, produzindo diferentes sentidos, interpretações e compreensões com implicações para as significações de ambiente e a participação do homem em seus processos de mudança, contexto marcado hoje pelos discursos sobre as mudanças climáticas.

## 2. O Discurso

Utilizamos como referencial teórico-metodológico a Análise de Discurso (AD) iniciada por Michael Pêcheux na década de 1960, na França, divulgada e desenvolvida no Brasil por Eni P. Orlandi. Essa perspectiva discursiva “não trata da língua, não trata da gramática, embora todas essas coisas lhe interessem. Ela trata do discurso. (...) O discurso é assim palavra em movimento, prática de linguagem: com o estudo do discurso observa-se o homem falando” (ORLANDI, 2003, p. 15). Esse referencial traz ainda a possibilidade de analisar e entender o discurso por meio das imagens. Orlandi (1993) observa que os mecanismos de análise, que apreendem o verbal através do não-verbal, revelam um efeito ideológico de apagamento que se produz entre os diferentes sistemas significantes, dando sustentação, dentre outros, ao "mito" de que a linguagem só pode ser entendida como transmissão de informação, ou como sistema para comunicar. O que leva, por um lado, a estabelecer uma relação biunívoca entre um objeto determinado (verbal ou não-verbal) e o seu sentido e, por outro, a trabalhar não com a materialidade significativa de cada linguagem em si mesma, mas sim com a tradução do não-verbal em verbal, mascarando as diferenças, a especificidade de cada uma das formas da linguagem. Os estudos sobre as formas do silêncio vêm a um só tempo contribuir tanto à compreensão da materialidade do não-verbal, quanto à ampliação do objeto da Análise do Discurso, ao apontar caminhos para se descrever e entender o não-verbal.

É possível desenvolver uma melhor compreensão dos efeitos de sentidos, tanto escritos como imagéticos, utilizando-se de conceitos que nos forneçam as ferramentas necessárias para entender estes discursos. Uma vez que a análise de imagens é ainda mais complexa, como vemos em Souza (1998) que diz que ao se interpretar a imagem pelo olhar - e não por meio da palavra - apreende-se a sua matéria significativa em diferentes contextos. O resultado dessa interpretação é a produção de outras imagens (outros textos), produzidas pelo espectador a partir do caráter de incompletude inerente, eu diria, à linguagem verbal e não-verbal. O caráter de incompletude da imagem aponta, dentre outras coisas, a sua recursividade. Quando se recorta pelo olhar um dos elementos constitutivos de uma imagem, produz-se outra imagem, outro texto, sucessivamente e de forma plenamente infinita.

Busquei nestas leituras subsídios que me ajudassem a entender os diferentes aspectos possíveis que pudesse desenvolver, ao analisar diferentes apresentações do ciclo do carbono, e visualizar como as avaliações contribuem para produção de sentidos, enfim, considerando as condições de produção, desta maneira, os discursos sobre esse tema que circulam na sociedade em que vivemos.

Dentro da Análise de Discurso encontramos algumas ferramentas teórico-metodológicas que irão propiciar uma ferramenta de grande importância para a compreensão dos discursos e sentidos que atravessam a escola. Iniciarei a seguir a apresentação de alguns destes pressupostos.

Para entender como se dá um discurso, devemos entender que ele não se produz “do nada”, cada vez que é pronunciado usa-se – mesmo que não intencionalmente – a memória que nos levou, inconscientemente, a fazer esta ou aquela escolha de palavras e conjunções. Na análise de discurso isso se chama interdiscurso, para Orlandi (2005):

Este é definido como aquilo que fala antes, em outro lugar, independentemente. Ou seja, é o que chamamos de memória discursiva: o saber discursivo que torna possível todo dizer e que retorna sob a forma do preconstruído, o já dito que está na base do dizível, sustentando cada tomada da palavra. [...] o interdiscurso é todo o conjunto de formulações já feitas e esquecidas que determinam o que dizemos. Para que minhas palavras tenham sentido ou é preciso que elas já façam sentido.

(ORLANDI,2005, p.31)

Na análise de discurso, compreender os sentidos implica em buscar as condições de produção dos discursos. Condições de produção que incluem o contexto sócio-histórico e ideológico de formulação dos textos, do qual fazem parte os sujeitos (quem escreve/sujeito-autor e quem lê o texto/sujeito-leitor), as posições em que eles se situam, ou seja, de onde estão falando, além de suas memórias discursivas, suas histórias de leitura.

Nessa concepção de análise de discurso, nem os sujeitos, nem os discursos e nem os sentidos estão prontos e acabados. Estão sempre se fazendo, em um trabalho contínuo. Os sujeitos e os sentidos sempre podem ser outros. O sentido do que é lido não se encontra nem no sujeito-leitor nem no texto, mas se constitui como efeito do processo discursivo de interação entre os sujeitos, autor e leitor, pela mediação do simbólico inserido numa historicidade, numa memória. As condições de produção nos indicam que existe uma história de quem diz e de quem

lê, e esta é constitutiva de quem lê ou ouve e de quem escreve ou fala, Orlandi (2001). Assim como uma história de leituras também constitutivas.

Com esse suporte, admitimos que as condições de produção dos sentidos não são apenas as imediatas da organização escolar, mas também os contextos sócio-históricos mais amplos. De acordo com a análise de discurso podemos considerar as condições de produção em sentido estrito e amplo.

É de fundamental importância compreender o quão complexo se faz a produção de qualquer sentido atribuído a um conceito trabalhado/trazido para a escola, pois por meio dele, podem-se apresentar sentidos que muitas vezes não percebemos à primeira vista, por trabalhar com um assunto que apresenta grande repercussão como a circulação do carbono no planeta. Acreditamos que os conteúdos trabalhados no meio escolar não apresentam um único sentido, visto que em Orlandi (2005):

O sentido é assim uma relação determinada do sujeito – afetado pela língua – com a história. É o gesto de interpretação que realiza essa relação do sujeito com a língua, com a história, com os sentidos. Esta é a marca as subjetivações e, ao mesmo tempo, o traço da relação da língua com a exterioridade: não há discurso sem sujeito. E não há sujeito sem ideologia. Ideologia e inconsciente estão materialmente ligados. (ORLANDI, 2005, p.45)

Se os discursos apresentam ligação com o tempo, memória não-subjetiva e a ideologia tornam-se imprescindíveis os estudos desta ferramenta da Análise de Discurso, denominada formação discursiva que, apesar de polêmica, é uma consideração básica para qualquer análise, já que permite entender o processo de produção de sentidos (base fundamental e essencial para a execução do trabalho aqui proposto), a relação do discurso com a ideologia, além de possibilitar ao analista o estabelecimento de regularidades no funcionamento do discurso. Em Orlandi (2005):

A formação discursiva se define como aquilo que numa formação ideológica dada – ou seja, a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio-histórica dada – determina o que pode e deve ser dito. (ORLANDI,2005.p. 43).

Como complemento para a construção do discurso, conforme já foi mencionado anteriormente, devo tecer algumas considerações sobre o conceito de ideologia e historicidade, já que para a análise de discurso elas se apresentam como itens de base na formação discursiva.

Ao pensarmos em linguagem temos que destacar que ela esta materializada na ideologia e, como esta ideologia se manifesta na língua, que de acordo com M. Pêcheux (1975) “não há discurso sem sujeito e não há sujeito sem ideologia: o indivíduo é interpelado como sujeito pela ideologia e é assim que a língua faz sentido”.

A ideologia se apresenta no discurso, ao produzir evidências, fazendo o homem se relacionar com suas condições de existência e confrontar o que foi dito. É esta ideologia que comanda a interpretação, o sujeito interpreta, mas não percebe que está interpretando; trata-se, a ideologia, desse efeito de não-interpretação, daí o efeito de evidência, ou de que, a origem da interpretação estaria nele e não num momento histórico sem sujeito, do qual ele mesmo faz parte para poder interpretar, desta forma, justificando interpretações distintas, ela é, portanto segundo Orlandi (2005) “*a condição para a constituição do sujeito e dos sentidos*”.

O trabalho da ideologia é produzir evidências, colocando o homem na relação imaginária com suas condições materiais de existência. A ideologia é a condição para a constituição do sujeito e dos sentidos.

Ligado ao conceito de ideologia, lembraremos que as palavras ditas trazem sentidos de discursos já ditos e imaginados ou possíveis (memória). É desse modo que a história se faz presente na relação com língua na produção dos discursos, ou efeitos de sentidos.

Historicidade, para Orlandi (2005):

[...] é o acontecimento do texto como, discurso, o trabalho dos sentidos nele. Sem dúvida, há uma ligação entre a história externa e a historicidade do texto (trama de sentidos nele) mas essa ligação não é direta, nem automática, nem funciona como uma relação de causa-efeito. (ORLANDI, 2005, p.68)

Os conceitos acima, brevemente descritos, são elementos fundamentais para realização das análises propostas pelo trabalho e para que possamos entender como se constroem e são abordados os sentidos de ciclo do carbono na escola e, posteriormente, como ele é cobrado/produzido nas/pelas avaliações oficiais propostas pelo governo federal, no ENEM.

Com o intuito de complementar minha análise do ciclo do carbono aprofundei e, não somente sobre meu dispositivo teórico, mas também, procurei ampliar meus conhecimentos acerca do assunto que, por meio de dispositivos analíticos relacionados às geociências, possibilitam um maior entendimento do funcionamento do sistema Terra e seus acoplamentos.



### **3. As diferentes formas de olhar o mesmo**

Nosso dispositivo analítico busca complementar nosso referencial teórico com o propósito de entender como as diferentes abordagens de ciclo do carbono, que devem estar incluídas em nosso material de análise, se apresentam explicitando os sentidos ali postos. No caso do ciclo do carbono, buscamos entender não só seu funcionamento e suas diferentes apresentações, mas também como este conceito é significado em diversos materiais escolares procurando, por meio da análise de questões avaliativas, entender alguns discursos que têm chegado à escola, sem a intenção de apresentar um quadro completo e fechado, nem mesmo representativo, embora factual, mas apenas para evidenciar a possibilidade de outros que podem estar sendo desconsiderados.

Para nós trata-se da teoria, no sentido de que não há análise de discurso sem a mediação teórica permanente, para efetivação da análise, fazendo a ponte entre descrição e interpretação já que constituem nas duas, o processo de interpretação do analista. É assim que o analista de discurso pensa e trabalha na e com a linguagem. Para Orlandi (2005):

Tendo isso em conta, ele constrói finalmente seu dispositivo analítico, que ele particulariza, a partir da questão que ele coloca face aos materiais de análise que constituem seu corpus e que ele visa compreender, em função do domínio científico a que ele vincula seu trabalho. Com esse dispositivo, ele está em medida de praticar sua análise, e é a partir desse dispositivo que ele interpretará os resultados a que ele chegar pela análise do discurso que ele empreendeu. (ORLANDI, 2005, p.62)

Para uma melhor compreensão e unificação dos dispositivos utilizados neste trabalho é fundamental entender que o dispositivo teórico é o da interpretação e, seu ponto de partida, é a compreensão de elementos teóricos fundamentais da análise de discurso — sujeito/língua/historicidade (memória discursiva e condições de produção), levando-se em conta a questão da significação, e da ideologia — e, em concomitância com meu dispositivo analítico.

Esse dispositivo analítico, que se liga com o objetivo da análise (no caso o ciclo do carbono), é o material específico de pesquisa, suas questões e informações, porém, tendo uma mesma finalidade teórica e prática.

Com isso é possível dizer que o dispositivo analítico de cada pesquisador estará filiado à especificidade de seu método e, os resultados da análise, serão interpretados por cada informação relativa às teorias disponíveis em seu campo específico de trabalho. Com o intuito de aprofundar e desenvolver um maior conhecimento do ciclo do carbono, desenvolvendo a capacidade de entender suas diferentes colocações e apresentações, utilizei como dispositivo analítico, informações que me possibilitassem um maior entendimento e que abordam o ciclo do carbono. São assuntos correlatos como:

- ✓ Concepção de Sistema;
- ✓ Escala de Tempo e de espaço;
- ✓ Homem/Sociedade X Natureza/ambiente
- ✓ Relação Aquecimento Global/Antropogenia

Cabe aqui ressaltar que a escolha destas categorias para o desenvolvimento da análise apresentada a seguir, se deu quando, ao iniciar os estudos e buscar o aprofundamento do ciclo do carbono, encontrei dentro de minha própria formação (como estudante, professora e pesquisadora) uma lacuna para uma ideal compreensão da complexa circulação desse elemento no planeta, da sua atuação dentro do sistema terrestre. Pude observar que o ciclo do carbono, e sua interação (de fundamental importância) com o planeta, não é estudado integralmente e, sua participação na formação de nosso planeta, é raramente abordada. Busquei então, ferramentas capazes de possibilitar um melhor entendimento dessa complexidade do ciclo do carbono, uma compreensão mais abrangente, além daquela sobre como entendê-lo como importante instrumento na manutenção da vida como conhecemos na Terra.

A concepção de sistemas, aplicada diferentemente em diversas disciplinas, porém fundamental para compreensão do funcionamento de nosso planeta, a utilização de uma escala de tempo geológica o que nos permite uma observação mais ampla, a incorporação do ser humano como vetor de modificação de seu funcionamento natural e, conseqüentemente, sua relação com o aquecimento global. Tenho que o desenvolvimento e a utilização destas ferramentas de análise se tornaram fundamentais para uma melhor compreensão das possibilidades de significação do ciclo do carbono.

Objetivei, por meio do desenvolvimento destas categorias do pensamento geocientífico, contribuir para que a análise dos materiais/questões do ciclo do carbono, denotando ainda a importância do desenvolvimento destes conhecimentos no âmbito escolar para que os alunos tenham habilidades suficientes para entender os processos naturais de nosso planeta, em Orion (2005) traz que “os objetivos principais da educação em ciência das escolas devem ser fornecer aos estudantes as habilidades necessárias para traduzir problemas ambientais, tais como poluição da água, em uma compreensão mais coerente do ambiente” em complemento podemos ver que dissertar sobre a relação homem e natureza, suas implicações é extremamente complicado, já que esta relação traz intrincados temas correlacionados, é possível, porém propor categorias que nos permitam pensar esta relação de maneiras diferentes, principalmente no contexto escolar. Segundo autores como Celso Carneiro, M. Cristina Toledo e Fernando de Almeida, é possível descrever 10 razões pelas quais o ensino básico brasileiro pode ser beneficiado com a inserção dos temas de geociências;

A complexidade de ambas – as atividades humanas e a dinâmica natural – determinam que as questões de natureza ambiental passem a integrar o corpo de conhecimentos básicos que uma pessoa deveria possuir, para exercer, ao longo de sua vida, aquilo que se entende por cidadania responsável e consequente.

(CARNEIRO et al., 2004, p.02)

Encontrei também dentro da Geografia o auxílio para o entendimento desta questão tão complexa já que, em um contexto em que se classifica e se pratica uma ciência disjunta individualizada através de objetos que devem ser diferentes e únicos a cada área de conhecimento, se propõe uma ciência da relação natureza e sociedade, uma ciência da conjunção do natural e do social. É por essa razão que Milton Santos (1997) diz que a “Geografia tem um discurso unitário e um método dual”. Ao se referir ao método dual quer dizer construiu uma análise da natureza utilizando-se dos métodos das ciências naturais com a participação humana. É preciso atentar a importância do tempo como um construtor e modificador de processos do nosso planeta, que pode modificar o entendimento do funcionamento de fenômenos atualmente discutidos

A seguir faremos algumas elucidações sobre a escolha de nossas ferramentas metodológicas.

### **3.1 O uso dos conceitos de Ciclo/Sistema na aprendizagem**

Para compreensão da complexa dinâmica terrestre, composta por inúmeros elementos que interferem e influenciam na formação e manutenção da biosfera terrestre, muitos autores Falkowski, (2000); Chistofolletti, (1999); Assaraf e Orion, (2005); Gudovitch, (2001), trabalham o estudo dos componentes da Terra por meio da utilização dos aspectos conceituais de ciclo/sistema, ou seja, do conhecimento cíclico de vários elementos que passam por transformação em diferentes níveis da biosfera terrestre, podendo ser encontrado em diferentes estados físicos, mas sempre mantendo o elemento químico central. Há ainda outra abordagem para o estudo terrestre que considera a ligação de diferentes processos para a formação das inúmeras formas e interações da biosfera, por meio da utilização de modelos que fazem este aprofundamento pela via do pensamento sistêmico. Assim, pode-se acompanhar a dinâmica dos materiais terrestres e seus processos.

Trarei a seguir uma breve reflexão destas teorias por acreditarmos na sua grande contribuição para o entendimento, compreensão e aprendizagem do ciclo deste importante elemento nas interações em nosso planeta que é o carbono. É importante observar que as diferentes formas de pensar implicam em certos sentidos produzidos, deste modo, não foquei aqui a perspectiva do “certo” ou “errado”. Encontrei em diferentes áreas ferramentas importantes para a observação e análise deste assunto tão complexo que é o ciclo do carbono.

#### **3.1.2 Ciclo**

Entender e buscar um conhecimento aos alunos, voltado à compreensão cíclica dos componentes de nosso planeta, nos remete a um assunto ainda mais delicado e complexo no âmbito escolar, que é a educação ambiental. Para Assaraf e Orion (2005):

As últimas duas décadas podem ser descritas como a era da “Ciência do Tudo” da educação em ciência em todo o mundo. Durante este período, o objetivo principal do paradigma da educação em ciência foi deslocado do objetivo de preparar futuros cientistas para a educação de nossos futuros cidadãos. Em consequência, o paradigma atual enfatiza questões ambientais e do ambiente no currículo de ciências. Entretanto, alguma tentativa de desenvolver estudantes alfabetizados

ambientalmente sem algum conhecimento geral com compreensão científica do ambiente físico não alcançaria senão as atividades populares como reciclagem ou limpeza do pátio da escola<sup>2</sup>. Tradução da autora

(ASSARAF E ORION, 2005, p.518)

Desenvolver dentro da sala de aula um aprendizado e um contexto que trabalhe no aluno a idéia de um ambiente integrado, onde os diferentes elementos estão conectados e se rearranjando continuamente, revela, que os alunos são deficientes em conceber a Terra como um todo dinâmico, segundo Kali, Orion e Elon (2003, apud Assaraf e Orion, 2005):

Kali, Orion, e Elon (2003) sugeriram que a habilidade dos estudantes de tratar os tais complicados sistemas geoquímico e biogeoquímico está baseada em suas habilidades para desenvolver uma percepção dinâmica, cíclica e sistemática de nosso planeta. Consequentemente, o ensino de uma aproximação aos sistemas da terra exige que os professores e os estudantes compreendam o conceito de um sistema.<sup>3</sup> Tradução da autora.

(KALI, ORION e ELON (2003), apud ASSARAF e ORION, 2005, p. 519)

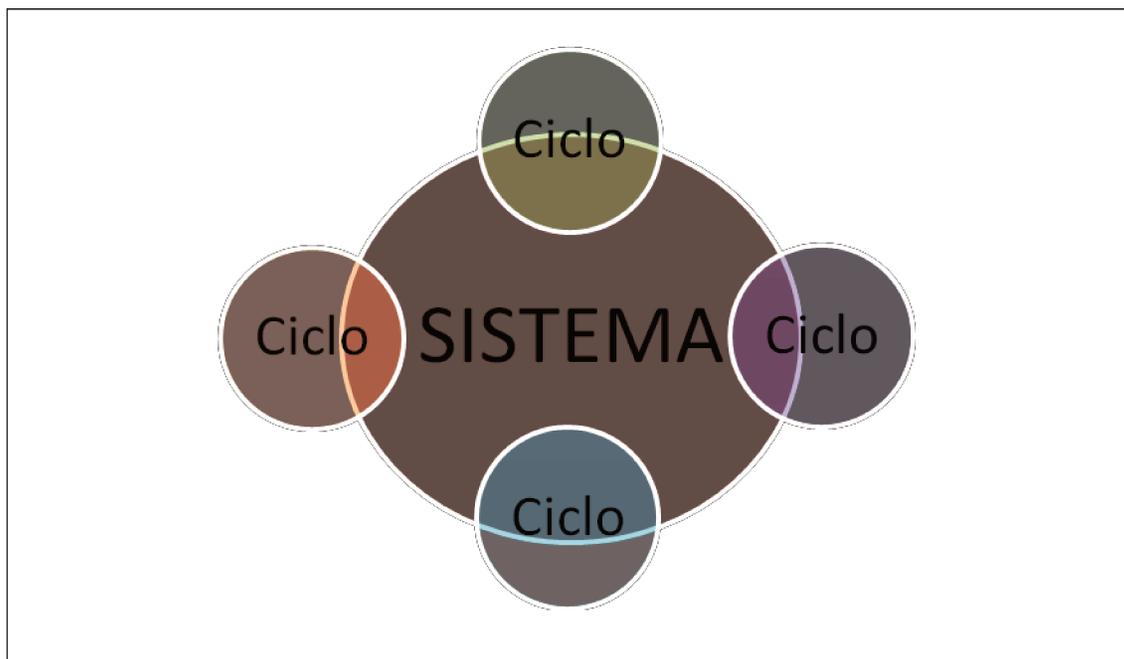
Entendemos ciclo como um componente da matriz sistêmica, em que todos os elementos se correlacionam na manutenção e transformação de processos do sistema terrestre, vejamos:

---

<sup>2</sup> The last two decades can be described as the “Science for All” era of science education around the world. During this period, the main goal of the science education paradigm has shifted from preparing future scientists toward educating our future citizens. As a result, the current paradigm emphasizes the environment and environmental issues in the science curriculum. However, any attempt to develop environmentally literate students without some general acquaintance with scientific understanding of the physical environment would not reach beyond popular activities like recycling or cleaning up the schoolyard. ASSARAF E ORION, 2005,p.518.

<sup>3</sup> Kali, Orion, and Elon (2003) suggested that the ability of students to deal with such geochemical and biogeochemical complicated systems is based on their ability to develop a dynamic, cyclic and systemic perception of our planet. Therefore, teaching the earth systems approach requires that teachers and students understand the concept of a system. KALI, ORION e ELON (2003), apud ASSARAF e ORION, 2005, p. 519.

**Figura 3.1:** Ciclos compondo um Sistema



O ciclo do carbono compõe, com outros ciclos e elementos fundamentais, a organização e manutenção do sistema terrestre como o conhecemos. Na natureza, átomos de diferentes substâncias, como nitrogênio, hidrogênio, carbono e oxigênio não são criados ou destruídos, nem transformados uns nos outros. A matéria, que constitui os componentes do nosso planeta, é constantemente reciclada ao contrário da energia, que desloca em sentido único (como a energia solar), os nutrientes têm movimento cíclico no ecossistema. É o que acontece com a água, o carbono, o nitrogênio, o cálcio potássio fósforo enxofre, entre outros, podemos então falar em fluxo de energia e ciclo da matéria<sup>4</sup>.

Nos ciclos da matéria, ou denominados na maioria das vezes como ciclo biogeoquímicos<sup>5</sup>, termo utilizado principalmente pela biologia, e popularmente utilizado quando nos referimos a

---

<sup>4</sup> Deve-se ressaltar que apesar de grande parte dos elementos terrestres fazerem parte de um ciclo, onde seus elementos continuam constantes, existem elementos que destoam, principalmente aqueles relacionados a radioatividade, quando temos efetivamente a criação de um elemento e desaparecimento da matéria do outro, como o Urânio, utilizado principalmente como fonte de energia nuclear.

<sup>5</sup> Segundo RICKLEFTS, R. E, 1996, a Biogeoquímica é uma ciência que estuda a troca de materiais entre os componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas. Vale notar que até nessa denominação encontramos variações entre diferentes livros, autores e áreas.

água, carbono, enxofre, fósforo, entre outros, nestes ciclos a atividade dos decompositores é fundamental: eles degradam os restos de animais e vegetais, e devolvem ao solo, a água e ao ar os materiais que constituem esses restos que poderão ser utilizados novamente. Cabe ressaltar que outras áreas do conhecimento também se utilizam do conhecimento cíclico como a geologia, que trabalha com o ciclo das rochas, areia, etc...

O estudo dos ciclos biogeoquímicos é imensamente complexo e fascinante, demandando, porém, esforço singular de diferentes disciplinas no intuito de entendê-los e significar sua importância para a continuidade dos ciclos e do sistema terrestre como conhecemos, para Butcher (1992):

Embora os ciclos biogeoquímicos sejam fascinantes para seu próprio bem, eles também se conectam com importantes questões escala regional e global.<sup>6</sup> (BUTCHER, 1992, p.01)

Buscando objetivar seus estudos sobre ciclos biogeoquímicos Butcher (1992), buscou elencar a importância da compreensão dos mesmos pelos seguintes motivos:

- A produção de alimentos (em terra e em ambientes aquáticos) e sua dependência da temperatura e outros fatores climáticos, a disponibilidade de nutrientes, e a presença de agentes tóxicos.
- O clima do mundo pode ser influenciado por fatores naturais e culturais.
- A deposição ácida, seus efeitos sobre os ecossistemas naturais, e na medida em que ela é causada por fatores culturais
- O ozônio estratosférico - sua importância para a saúde humana e sua sensibilidade à presença de uma variedade de gases-traço.
- A natureza ubíqua dos traços de DDT e outros produtos químicos sintéticos e os caminhos pelos quais essas substâncias são dispersas ao reagir em sistemas naturais<sup>7</sup> (BUTCHER, 1992, p.02)

---

Os seres vivos mantêm constante troca de matéria com o ambiente. Os elementos químicos são retirados do ambiente e, utilizados pelos organismos, novamente devolvidos ao ambiente, num processo que constitui os ciclos biogeoquímicos. Definição que coloca o foco nos seres vivos. Esse recorte, foco, da biologia, torna determinados ciclos de elementos mais estudados e importantes que outros, notadamente, aqueles mais relacionados à manutenção da vida, enquanto forma biológica. No entanto, enquanto forma social e econômica, a vida humana pode estar relacionada a outros ciclos de outros elementos ou materiais.

<sup>6</sup> Although biogeochemical cycles are fascinating for their own sake, they also connect with important regional and global scale issues.

<sup>7</sup> “Food production (on land in aquatic environments) and its dependence on temperature and other climatic factors, the availability of nutrients, and the presence of toxic agents.

- Word climate and the extent to which it may be influenced by natural and cultural factors.

Assim, entendemos o Planeta Terra como um sistema, sendo, por isso, um conjunto de elementos que se relacionam e que estão organizados em função de um objetivo, trocando matéria e/ou energia. Mais precisamente, a Terra é um sistema fechado em termos de matéria e aberto em termos de energia de forma que, temos energia entrando e saindo. Quase toda matéria da Terra é a mesma desde o seu surgimento. Então, a ideia de ciclo de materiais pode ser aplicada a qualquer elemento químico (exceto com a ressalva dos radioativos). Quando a vida (biologia) está em foco, só interessam para ela os elementos químicos fundamentais aos processos de manutenção dos organismos vivos, como o fósforo, o carbono, o nitrogênio e outros. Quando falamos de uma vida, a humana, que é social e econômica, esta utiliza outros materiais e elementos.

Desta forma, consideramos imprescindível o aprofundamento em várias categorias, objetivando desenvolver as habilidades necessárias para a efetivação das análises que serão mostradas posteriormente, construindo também um melhor entendimento sobre o ciclo deste elemento tão complexo que é o carbono.

### **3.1.3 Sistema**

O conceito de sistema é utilizado de diferentes maneiras em diferentes disciplinas e segmentos acadêmicos. Podemos encontrar explicações sobre a teoria de sistemas dentro do pensamento acadêmico da Biologia, da Geologia, da Química e da Geografia entre outras. Como nosso enfoque maior está na utilização desta teoria, junto ao estudo dos sentidos produzidos pelo ensino do ciclo do elemento carbono na natureza e suas implicações em seu entendimento trarão a priori a conceituação de sistemas trabalhados junto a Geologia, Geografia e Biologia, já que o ciclo do carbono na aprendizagem escolar, originalmente se interliga a estas disciplinas.

- 
- Acid deposition, its effect on natural ecosystems, and the extent to which it is caused by cultural factors.
  - Stratospheric ozone – its importance for human health and its sensitivity to the presence of a variety of trace gases.
  - The ubiquitous nature of trace levels of DDT and other synthetic chemicals and the pathways by which these substances are dispersed and react in natural systems.”

Em Assaraf e Orion (2004), podemos entender o quanto é complexa a utilização do conceito de sistema:

O termo “sistema” é um conceito muito amplo que se relaciona a várias áreas tais como sistemas sociais, sistemas tecnológicos, e sistemas naturais. Consequentemente, este assunto foi estudado dos ângulos e pontos de interesse (Kim, 1999; Mandinach, 1989; & de O'Connor; McDermott, 1997; Penner, 2000). Parece que as seguintes características de um sistema representam a maioria destes estudos: Um sistema é uma entidade que mantém sua existência e funções como um conjunto por meio de interação de suas partes. Entretanto, este grupo de interação, partes inter-relacionadas ou interdependentes que forma um todo complexo e unificado devem ter uma finalidade específica, e para que o sistema realize perfeitamente sua finalidade, todas as peças devem estar presentes. Assim, o sistema tenta manter sua estabilidade por meio de respostas. As interdependências entre as variáveis são conectadas por uma causa e efeito de um ciclo de respostas e consequentemente o padrão de umas ou várias variáveis, afetam o padrão de outras variáveis. Contudo, as propriedades atribuíveis ao sistema como um todo, não são aquelas dos componentes individuais que compõem o sistema..<sup>8</sup> (Tradução da autora) (ASSARAF E ORION, 2004, p.519)

Entende-se que a abordagem sistêmica é imprescindível para compreensão do funcionamento do planeta, que é composto por inúmeros ciclos, e que mesmo considerando a Terra uma sistema “quase” fechado deve-se levar em consideração que parte da energia recebida por nosso planeta é refletida, retornando ao espaço. Esta abordagem, apesar de possibilitar um melhor entendimento de questões ambientais — sendo este conceito usado em várias disciplinas — tem aplicação mínima junto ao contexto escolar, comprometendo o desenvolvimento e a capacidade crítica frente a fenômenos ambientais por parte dos alunos.

---

<sup>8</sup>“The term “system” is a very broad concept that relates to various areas such as social systems, technological systems, and natural systems. Therefore, this subject has been studied from different angles and points of interest (Kim, 1999; Mandinach, 1989; O'Connor & McDermott, 1997; Penner, 2000). It seems that the following characteristics of a “system” represent most of these studies: A system is an entity that maintains its existence and functions as a whole through the interaction of its parts. However, this group of interacting, interrelated or interdependent parts that form a complex and unified whole must have a specific purpose, and in order for the system to optimally carry out its purpose all parts must be present. Thus, the system attempts to maintain its stability through feedback. The interrelationships among the variables are connected by a cause and effect feedback loop, and consequently the status of one or more variables, affects the status of the other variables. Yet, the properties attributable to the system as a whole are not those of the individual components that make up the system

### 3.2 O Sistema na Biologia

O ciclo do Carbono é trabalhado na Biologia, cujo objeto fundamental de estudo é a vida na Terra, e está dentro de Ecologia, mais ligado precisamente à regulação e funcionamento do ecossistema, ou seja, seres vivos e seu ambiente, — energia e os fluxos dos elementos no funcionamento do ecossistema<sup>9</sup>.

Os ecólogos não compreendem completamente o controle da produtividade na maioria dos ecossistemas. Os dados permitem amplas comparações entre as funções do ecossistema; correlações simples entre os recursos, condições físicas e a produção mostram que a temperatura, a precipitação e outros fatores externos regulam a produtividade, mas não mostram como e onde eles agem.

(RICKLEFS, R. E, 1996, p.133)

A utilização de sistemas por ecólogos se faz por meio da modelagem matemática, visando, principalmente, o entendimento de processos não facilmente observados em meio natural. Vejamos:

A despeito destas dificuldades (de reprodução de processos naturais em laboratório), a modelagem realmente capacita os investigadores a simular os efeitos das mudanças ambientais na dinâmica do sistema. Os esforços de modelagem são essenciais à disciplina da ecologia de sistemas. (RICKLEFS, R. E, 1996, pg.133)

Em Biologia o pensamento sistemático se apresenta como ferramenta fundamental para o estudo dos ecossistemas, já que todo sistema — incluindo não apenas o complexo-organismo, mas também todos os fatores físicos — formam o que chamamos de meio ambiente.

Os Sistemas consistem de dois ou mais componentes que interagem e que são cercados por um meio ambiente com o qual podem ou não interagir (O'Neill et al., 1986). Essa visão dos autores mantém a relação causa-efeito... Embora outras visões sistêmicas, como se verá nesse trabalho, superam essa forma para pensar em múltiplas causas.

Dentre as características de um sistema está a organização, sendo que sua raiz, orgânica, sugere uma associação com os seres vivos.

---

<sup>9</sup> Para confirmação de tal afirmação buscamos um levantamento bibliográfico de diversas referências (de ensino superior e médio) no estudo do ciclo do carbono, e o PCN + Ensino Médio, com o currículo proposto pelo MEC, dentre elas: A Economia da Natureza, Robert E. Ricklefs. Ecology: from individuals to ecosystems. Begon, M., Townsend, C.R. & Harper. J.L, Biologia Volume Único Ensino Médio Vol. Único\_Sônia Lopes, Cesar E Sezar. Biologia, Genética-Evolução-Ecologia, Amabis, J. & Martho, G. Fundamentos da biologia moderna.

Os componentes dos ecossistemas classificam-se em bióticos e abióticos.

O componente biótico é uma reunião particular de plantas, animais e micróbios em um cenário abiótico. O componente abiótico constitui-se de substâncias químicas, incluindo substâncias inorgânicas como cálcio, oxigênio, água, dióxido de carbono e compostos orgânicos resultantes dos organismos. Também inclui fatores físicos e gradientes como umidade, vento, correntes, marés e radiação solar. A importância da visualização sistemática dentro do estudo biológico é realçada por MOTA (2005):

O meio ambiente apresenta características de um sistema aberto, que recebe e exporta energia, tendo a economia, a ecologia e os demais entes correlacionados, como subsistemas e que certamente perecerá, caso não receba inputs. Como tal, apresenta afluxo e refluxo de energia. Pela perspectiva entrópica, a manutenção da vida na terra passa por um ciclo constante de nascimento, desenvolvimento, regeneração e morte. Um recurso natural mantém-se vivo, no seu estado altamente organizado, somente se importar energia de alta qualidade do ambiente externo e processá-la de modo a sustentar a sua estrutura orgânica.

O enfoque sistêmico proporciona um quadro multidimensional, no qual as diferentes disciplinas interagem, implicando que a sustentabilidade dos recursos naturais deve ser entendida como um modelo capaz de analisar as complexas interações.

(MOTA, 2005, p 105)

Ecossistemas são reais como uma lagoa, um campo, uma floresta, um oceano ou até mesmo um aquário. Os ecossistemas têm em comum certos atributos gerais e funcionais que são reconhecíveis, analisáveis e previsíveis. Os componentes bióticos de um ecossistema possuem papéis diferentes em duas funções principais: o fluxo de energia e os ciclos biogeoquímicos.

Dentro deste contexto é necessário o desenvolvimento de uma compreensão sistêmica a ser aplicada à análise do ciclo do carbono, já que este participa de modo ativo do ecossistema terrestre e possui um papel de fundamental importância na manutenção da vida como a conhecemos.

Destaco aqui antes de dar continuidade, que a visão de ciclo de carbono aqui apresentada como expoente na biologia, também encontra contradições dentro do próprio conhecimento disciplinar, mas que ainda assim é de maneira geral do discurso mais divulgado e que predomina frente as outras abordagens de ciclo do carbono.

### 3.3 Conceito sistêmico na Geografia

#### *Em Geomorfologia*

O conceito e/ou uso da teoria dos sistemas na Geografia se faz principalmente na geografia física, mais precisamente pela geomorfologia. Temos dentro da própria geografia a dicotomia e dificuldade pra transcender entre os campos complexos que compõem o sistema terrestre. Encontramos em Barbosa (2008), uma importante elucidação para esta questão:

Há, necessariamente, um meio termo onde aos dois fenômenos (Geografia Física e Geografia Humana) são dadas as atenções aproximadas iguais e, sem dúvida, alguns escritores afirmam que este termo é precisamente o que é a Geografia. E a Geografia, hoje, traz uma nova abordagem, onde não há mais como fazer distinções entre Homem-Natureza, onde o meio ambiente deve ser considerado como um todo, resultado da relação homem-natureza. Esta abordagem recebe o nome de “Sistêmica” e, que tem influenciado atualmente nos estudos e análises feitas dentro do campo de atuação da Geografia.

(BARBOSA, 2008, p 623)

Sua utilização dentro deste, como referência teórica, passa pelo próprio desenvolvimento do pensamento geomorfológico na geografia, pois, como pensamento acadêmico em que sempre há uma constante discussão referente à interação sociedade/natureza e, frente à questão ambiental, o homem como ser social interfere nos lugares onde ocupa. A busca, dentro deste abrangente campo de pesquisa por um referencial capaz de articular a presença humana na paisagem natural, não se faz facilmente.

A Geomorfologia, como disciplina curricular, não foge à regra e, diante da questão ambiental, aumenta o seu papel de relevância nesse contexto social e ambiental, “Na trajetória de edificação da Geomorfologia as observações e registros de fatos morfológicos observáveis na paisagem, como, por exemplo, as formas dos vales, dos canais fluviais e a dinâmica das águas correntes (fluviais e pluviais), realizadas pelos não geólogos e não geomorfólogos constituíram importantes elementos factuais (Thornbury, 1965; Amaral, 1969; Abreu, 1982; Gregory, 1992; Summerfield, 1994) que se inter-relacionaram mais tarde à luz da análise integrada do ambiente.”. (Souza, p .73)

Envolvida com conhecimentos construídos na física, engenharia e geologia, a Geomorfologia se constituiu e se efetivou como um campo do conhecimento a partir da obra de W. M. Davis (1850 - 1934). Este considerou que o seu trabalho foi o de “integrar, sistematizar e definir a sequência normal de acontecimentos num ciclo ideal e procurar uma terminologia para uma classificação genética das formas do relevo terrestre, como apoio para a sua descrição”

Na concepção sistêmica da geografia existe a retomada da idéia da interdisciplinaridade, da importância da escala espacial e temporal, para compreensão e eventos complexos, que interagem entre a concepção natural e humana. É dentro deste contexto que se encontra o ciclo do carbono.

Compreendemos que se trata de um importante tema para o entendimento do aluno podendo associá-lo ao seu cotidiano usando para isso o pensamento sistêmico no qual, para Christofolletti (1999), a Geografia é a disciplina que estuda as organizações espaciais. Englobando a estruturação, o funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos, desta forma, constituem sistemas espaciais de mais alta complexidade. Sob a perspectiva sistêmica, dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento, representados pelas características do sistema ambiental físico e sócio-econômico. O primeiro constitui o campo da ação da Geografia Física, enquanto, o segundo correspondente ao da Geografia Humana.

Entendendo que por se mostrar demasiadamente complexo, cuja compreensão passa por diferentes ciências, o tema pode ser seguido por diversas interpretações, contudo, não podemos negar a participação e influência da ação antrópica referente a todos os sistemas terrestres, uma vez que, o homem, ao apropriar-se da natureza e transformá-la, pode processar alterações significativas, gerando gradativamente modificações no potencial biológico e ainda mais diretamente ao ciclo do carbono e, segundo Falkowski (2000), é afetado pelas atividades humanas e está associado a outras ações climatológicas e biogeoquímicas.

Considerando o processo de ocupação do relevo, utilizando o conceito de vertente (componente genérico do relevo), transformando as propriedades geológicas (primeira natureza) em sócio-reprodutoras (segunda natureza), o homem pode produzir desequilíbrio climático e conseqüentes derivações ambientais.

É preciso oferecer subsídios ao conhecimento dos sistemas naturais, procurando entendê-los sempre num processo de interação e interconexão, onde o homem se faz presente. Para Christofolletti (1999):

Representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza, possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através de fluxos de energia e matéria... As combinações de massa e energia, no amplo controle energético ambiental, poderão criar heterogeneidade interna no geossistema, expressando-se em mosaico paisagístico... há os fluxos na dimensão horizontal conectando as diversas combinações paisagísticas internas. Independentemente da ação e presença humana, a natureza, físico-biológica do sistema terrestre organiza-se ao nível dos ecossistemas e geossistemas.(CHRISTOFOLETTI, 1999, p.26)

Outros autores (Gregory, 1992), (Amaral, 1969), Vitte (2004) também destacam a importância do aprendizado sistêmico, em que os alunos possam desenvolver habilidades suficientes para relacionar todos os elementos e seus funcionamentos no sistema terrestre. Para Orion e Assaraf (2005), não obstante, o melhor conhecimento com problemas ambientais não é suficiente em si mesmo para que os estudantes desenvolvam uma habilidade de tomada de decisão a respeito de tais questões ambientais. Consequentemente, os objetivos principais da educação em ciência das escolas, devem fornecer aos estudantes as habilidades necessárias para traduzir problemas ambientais, tais como poluição da água, em uma compreensão mais coerente do ambiente. Mayer (1995) sugeriu que tal objetivo pudesse ser conseguido por meio da aproximação aos sistemas da Terra.

Esta aproximação vê o mundo como um sistema, que consiste em quatro subsistemas centrais, a saber, o geosfera, a hidrosfera, a atmosfera, e a biosfera (que inclui seres humanos e suas interações), portanto, o conhecimento sistemático dos subsistemas deve envolver questões relativas à atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, tendo o homem como agente responsável pela organização do espaço produtivo social ao longo da história. Neste contexto a geografia tem um papel fundamental, já que, segundo Christofolletti (1985), “no âmbito da Geografia, todos os seus setores estão sendo revitalizados pela utilização da abordagem sistêmica” e isto é fundamental, para que os alunos possam desenvolver habilidades críticas quanto ao conteúdo de ciências trabalhado na escola.

Ainda sobre o olhar da geografia, com a finalidade de construir uma visão integrada dos sistemas terrestres, temos uma grande compreensão da pedologia, que é a área da geografia que se dedica aos estudos dos solos, mais especificamente a paleopedologia, assim caracterizada por Ladeira (2010):

A paleopedologia é o estudo de solos antigos, tendo por objeto solos soterrados e, ou, incorporados a sequências sedimentares, ou ainda solos desenvolvidos em superfícies de relevo pretéritas (Andreis, 1981) e que, embora mantidos em superfície e influenciados por mudanças ambientais posteriores (Retallack, 1990), evidenciam antigos ambientes e contêm registros a respeito de clima, cobertura vegetal, formas de relevo, intensidade da pedogênese e taxas de sedimentação vigentes durante sua formação (Wright, 1992; Kraus, 1992). Assim, a paleopedologia é, por excelência, uma área interdisciplinar (Retallack, 1998). (LADEIRA, 2010, p. 1774)

A paleopedologia desempenha um papel fundamental para o entendimento do funcionamento e evolução dos sistemas terrestres uma vez que, por meio da compreensão do funcionamento dos paleossolos, pode-se acompanhar o desenvolvimento das principais formas de vida no nosso planeta (bióticos e abióticos). Destaca Ladeira que os solos (2010), aos quais hoje estamos familiarizados, nem sempre existiram sobre a superfície terrestre. Perfis de alteração existem desde o Pré-Cambriano (Retallack, 1990), porém, os perfis de alteração daquele momento histórico da Terra, não se comportavam exatamente como os solos atuais, sobretudo, devido à ausência de vegetais sobre a superfície terrestre. Podemos encontrar nos paleossolos evidências da oscilação de CO<sub>2</sub> no ambiente, desta maneira, encontramos elementos fundamentais para o entendimento e funcionamento deste:

O fato é que, após a colonização da superfície terrestre pelos vegetais, a dinâmica do planeta nunca mais foi a mesma, e um novo equilíbrio ocorreu, com significativas alterações na dinâmica da atmosfera, no sistema hidrológico, na formação das rochas e na própria vida. Os paleossolos, como amostras do ambiente que evoluíram, permitem hoje identificar processos superficiais na terra e suas alterações ao longo do tempo. As informações obtidas em paleossolos são utilizadas atualmente para gerar modelos de comportamento climático que envolvem alterações de concentrações de carbono na atmosfera.

(LADEIRA, 2010, p. 33)

Como pode-se observar, cada área do conhecimento contribui de forma significativa para o entendimento do todo, algo intrinsecamente complicado, não só aos alunos, já que muitas vezes recebemos o conhecimento de forma compartimentada.

A Geografia contribui ainda, com grande quantidade de informações para o desenvolvimento sistêmico de nosso planeta quando se levanta as informações referentes ao clima, conforme a seguir.

### Em Climatologia

Como em qualquer área de conhecimento de tempos em tempos algumas produções são escolhidas em detrimento a outras, dentro da Geografia em muitas ocasiões a climatologia foi preterida frente a outros conhecimentos produzidos na academia. Com a recente midialização/ascensão/discussão sobre as mudanças climáticas, este panorama tem se modificado.

Atualmente a discussão sobre o clima tornou-se constante, embora, a mesma discussão sobre o que se conhece de fato sobre o assunto é cada vez mais exigida, dentre aqueles que têm o clima como objeto de estudo.

A Climatologia é uma área de conhecimento que é estudada tanto pela Geografia, quanto pela Meteorologia.

O clima é uma noção criada pelo homem e, é compreendido, a partir de noções matemáticas e numéricas, ou a partir de informações qualitativas, de natureza mais descritiva.

A análise dos episódios climatológicos é fundamento básico da climatologia geográfica e tenta explicar os processos naturais que causam influência não só por meio dos fenômenos naturais e físicos, mas também a partir da intervenção humana, como um ator construtor de ações.

A climatologia defende a concepção do tempo meteorológico como algo concreto, absoluto, perceptível, que expõe suas engrenagens movendo-se ordenadamente sensibilizando o observador e, a partir de então, unindo-se a concepções de sistema, é possível reconhecer seu movimento linear, compassado e cíclico identificando os períodos de retorno das situações que caracterizam os tipos de tempo que, em sua correlação com a superfície terrestre, produzem os tipos climáticos dos lugares.

A partir da consideração da correlação entre as esferas terrestre e atmosférica, De Martonne (1953), propôs a distinção dos estudos correlativos daqueles que examinavam, isoladamente, os fenômenos físicos no interior da segunda esfera citada, discriminando dois campos teóricos dedicados aos fatos climáticos: a Climatologia, que se dedicaria ao reconhecimento e ao estabelecimento dos processos correlativos entre a atmosfera e o ambiente terrestre, e a Meteorologia, que trataria de uma análise separativa dos fenômenos atmosféricos e estabeleceria as leis físicas — matemáticas para a previsão da ocorrência destes.

A climatologia assim como as outras áreas da Geografia Física começam efetivamente a incorporar a teoria geral dos sistemas como instrumento a partir dos anos 50, quando Bertalanfy (1950), define os sistemas como conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade.

A teoria Geral de Sistemas utilizados pela Geografia — consequentemente pela climatologia — é denominada Geossistema definida por Sotchava (1977), onde Bertrand (1968), na sua Geografia Física Global, conceituou geossistema como um tipo de sistema aberto, hierarquicamente organizado, formado pela combinação dinâmica e dialética, portanto instável, de fatores físicos, biológicos e antrópicos. O geossistema resulta, segundo o autor, da combinação dinâmica de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), de uma condição de exploração biológica natural (vegetação, solo, fauna) e de atividades ditas antrópicas. Partindo dessa abordagem, o autor propôs a adoção de escalas espaciais diferentes — em ordem decrescente são elas a zona, o domínio, a região, o geossistema, o geofácies e o geotopo, estes dois últimos classificados a partir de critérios biogeográficos e antrópicos.

Podemos então vislumbrar a climatologia como Ely (2006) onde:

O clima considerado como resultado das conexões dinâmicas, referenciadas temporal e espacialmente, entre a atmosfera e a superfície do globo incorporaram o homem como agente formador e transformador dos tipos climáticos manifestados em escalas locais deflagrando-se os estudos de clima urbano, de conforto térmico, de microclimas, impactos ambientais, desastres climáticos e aqueles aplicados às escalas regionais voltados ao desenvolvimento da agricultura. Admitindo-se a dinâmica climática, procura-se desvendar o seu ritmo, sugerindo a recorrência de determinadas situações ou de períodos extremos, os quais afetam diretamente a sociedade. O clima passa a ser compreendido em seu caráter variável e dinâmico,

sugerindo a necessidade de análises constantes, já que o mesmo foge de um padrão determinado e interage na implementação das mais variadas atividades da sociedade. (ELY, 2006, p.22)

Torna-se, então, de fundamental importância a pesquisa e o entendimento dos conceitos realizados pela climatologia, em um contexto de discussões sobre as mudanças no clima global, que suas causas e consequências ainda não foram determinadas com clareza, assim como, o papel do ser humano como agente modificador de um sistema muito maior e mais complexo que sua existência no sistema terrestre.

### **3.4 O geossistema<sup>10</sup> na geologia**

Uma das grandes questões da geologia, surgida junto com a própria institucionalização da geologia como conhecimento acadêmico, é o tempo. Mesmo quando ainda denominados cientistas da natureza, os geólogos já encontravam dificuldade em mensurar o tempo em fenômenos que para a presença humana eram infinitamente longos e distantes. Para a explicação de muitos destes fenômenos os geólogos buscaram a compreensão utilizando-se de conceitos cíclicos/sistêmicos da contínua transformação de nosso planeta. Notamos que se para o discurso biológico há uma ênfase na manutenção, já que o foco está na vida, e a sua transformação implica em morte, no discurso geológico há uma ênfase na transformação.

Fairchild (2000), em um dos livros mais consultados por graduandos de geologia o afamado “Decifrando a Terra”, disserta sobre processos geológicos cíclicos:

Quanto aos processos cíclicos, vale lembrar que o termo “ciclo” é empregado pelo menos em três maneiras diferentes na Geologia: como uma série de eventos, normalmente recorrentes que perfazem parte de um processo mais amplo que se inicia e termina mais ou menos no mesmo estado, como, por exemplo, os ciclos das rochas e da água; como um período de tempo para completar uma sucessão mais ou menos regular de eventos (por exemplo, o ciclo de evolução do

---

<sup>10</sup> O conceito de geossistema foi criado por Sotchava, na década de 1960, e posteriormente sistematizado por Bertrand, cujas obras foram traduzidas no meio científico brasileiro na década seguinte. PRESS, F., GROTZINGER, J., SIEVER, R & JORDAN, T. H. (2006), p. 45

relevo); ou como um conjunto de unidades litológicas que se repetem sempre na mesma ordem (por exemplo, ciclotemas e varvitos). (TEIXEIRA; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, 2000, p. 499)

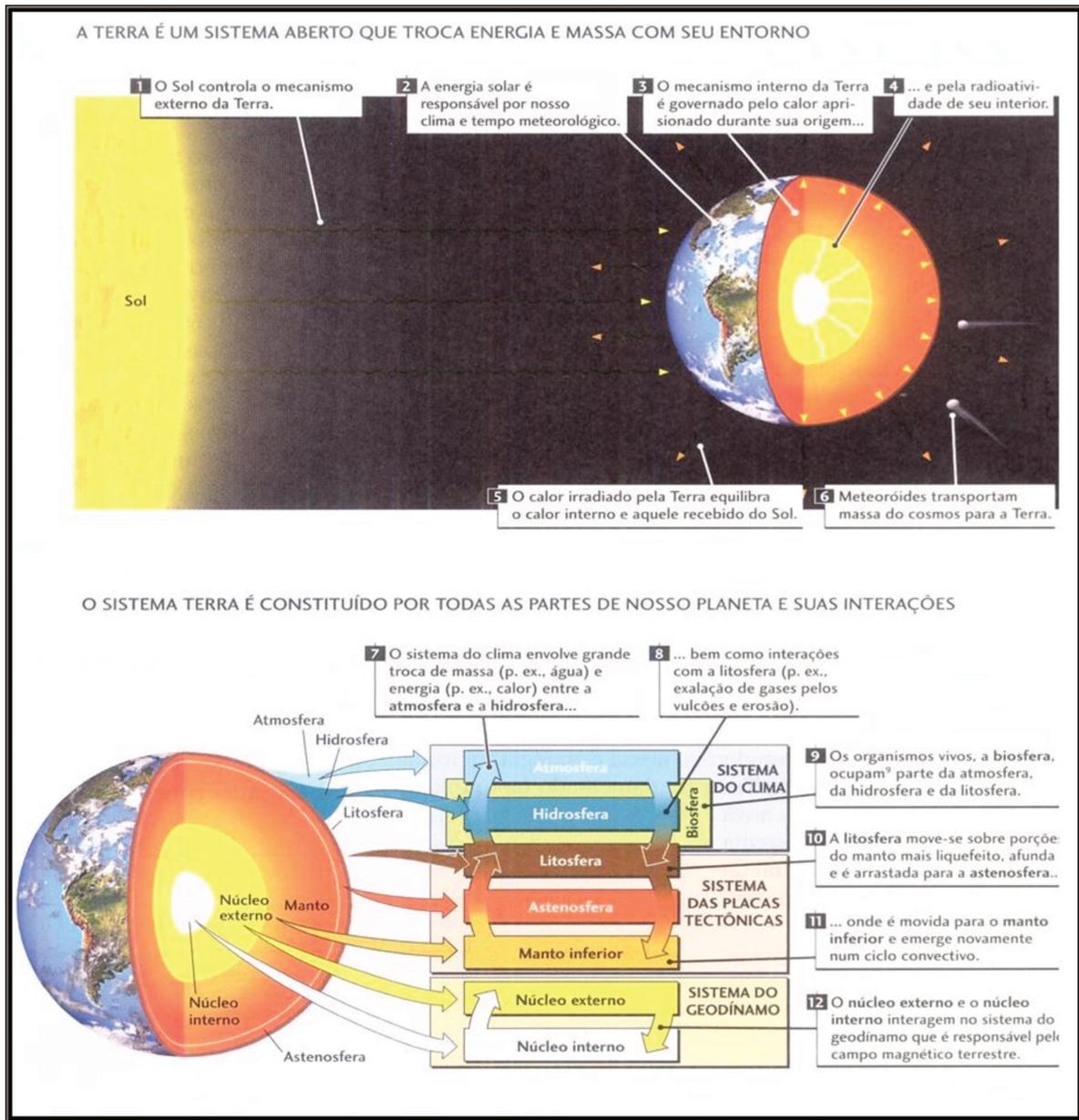
A divisão dos fenômenos geológicos que apresentam ciclicidade viabilizou o estudo da Terra como um sistema de componentes interativos, facilitando o estudo de alguns eventos que se repetem continuamente em nosso planeta e que são fundamentais para manutenção da mesma como a conhecemos. Para Press, Siever, Grotzinger e Jordan,

Todas as partes do nosso planeta e todas suas interações, tomadas juntas, constituem o **Sistema Terra**. Embora os cientistas da Terra pensem já há algum tempo em termos de sistemas naturais, foi apenas nas últimas décadas do século XX que eles dispuseram de equipamentos adequados para investigar como o sistema Terra realmente funciona. Dentre os principais avanços, estão as redes de instrumentos e satélites orbitantes de coleta de informações do sistema Terra numa escala global e o uso de computadores eletrônicos com potencia suficiente para calcular a massa e energia transferida dentro do sistema.

(PRESS, GROTZINGER, SIEVER, JORDAN, (2006), p. 587)

Para melhor compreensão e estudo os sistemas componentes da esfera terrestre são divididos em subgrupos, mas discorrer sobre a interação entre os processos geológicos que ocorrem no nosso Planeta não é uma tarefa fácil, dada a sua extrema diversidade. Uma das maneiras mais eficientes talvez seja aquela que tenta descrever os processos geológicos tendo em consideração a origem da energia que os alimenta. No caso do nosso Planeta, existem duas fontes energéticas principais: o Sol e o Calor interno da Terra. Estas fontes vão ser as responsáveis pelo funcionamento dos grandes sistemas terrestres, vejamos as figuras:

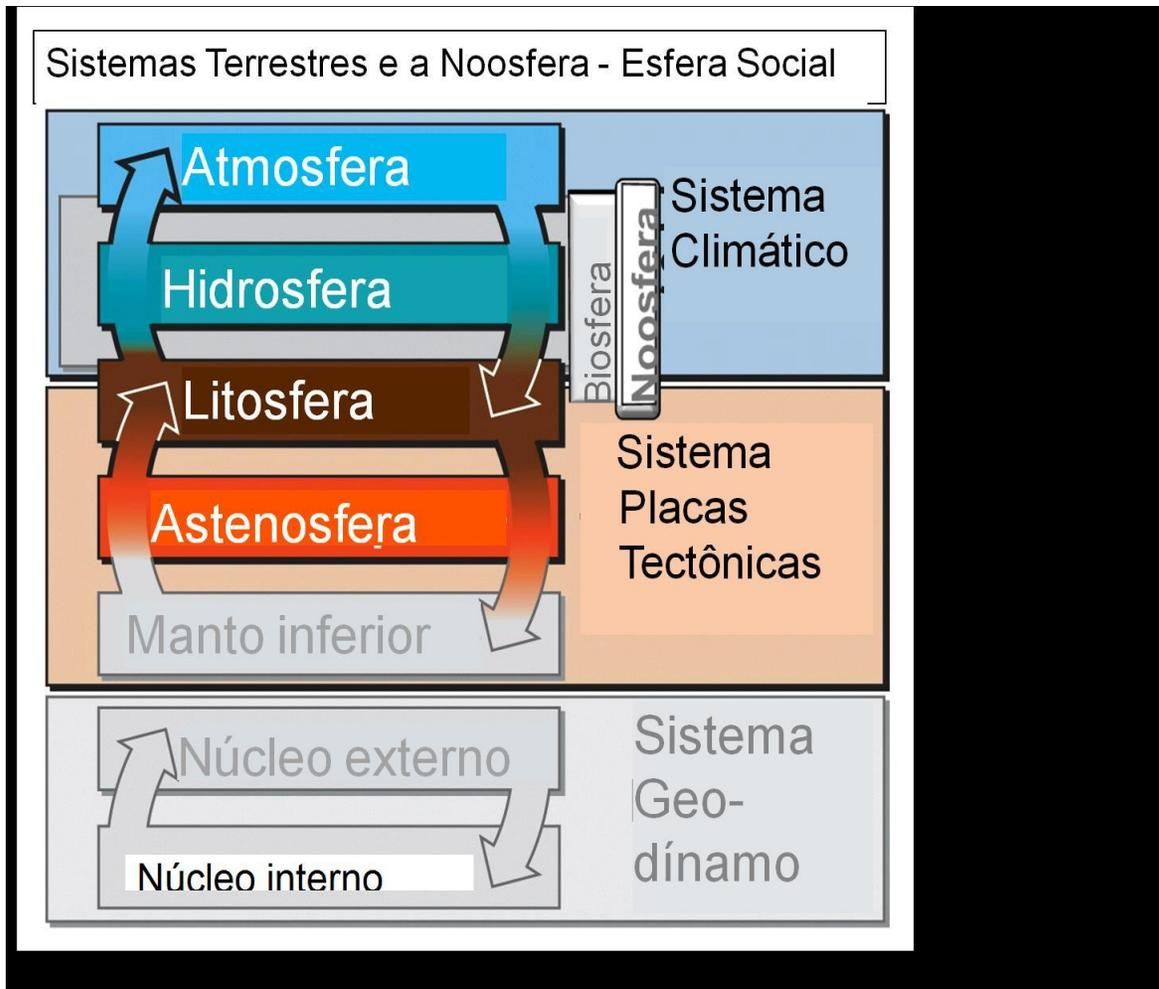
**Figura 3.2:** Os principais componentes e subsistemas do sistema Terra.



**Fonte:** Press, Siever, Grotzinger e Jordan. Para entender a Terra, 4ª edição, fig. 1.10 – prefácio.

E mais especificamente:

**Figura 3.3:** Sistemas Terrestres



**Fonte:** Ilustração modificada por Compiani do livro "Para entender a Terra" (Press, et al, 2006)

A figura aqui posta complementa a anterior já que ao retratar os sistemas terrestres, esta inclui a Noosfera - do grego ("nous") = "mente" + esfera. *Teilhard de Chardin* cunhou esse termo – noosfera, como sendo o terceiro estágio do planeta Terra, depois da Geosfera = matéria inanimada – e a Biosfera = a vida biológica. A Noosfera pode ser entendida como o mundo das idéias, formada pelo espírito (mente), por produtos culturais, linguagens teóricas. Ou seja, ela se refere a participação e intervenção humana no planeta, seja através de ações diretas ao ambiente, mas também considerando a produção cultural, econômica e intelectual do ser humano. Compiani

(2010) disserta sobre o assunto ao dizer, que “se o desenvolvimento do capitalismo e das ciências não colocaram até o presente momento numa balança com igual peso a sociedade e a natureza pois o peso sempre pendeu para a sociedade, e vários fatores têm contribuído para isso e dentre eles o mais forte é o sistema econômico, mas não de menor importância a religião e a própria ciência, todos contribuindo para a manutenção de uma forte visão da Terra provedora do homem ou, em outras palavras, do uso utilitarista pelo homem dos recursos naturais, com o projeto desenvolvemos conhecimentos escolares para novas relações entre sociedade e natureza.”

**O Sistema Hidrológico.** A energia solar ao atingir a Terra vai provocar a transição de estado da água existente à superfície do nosso Planeta. Os processos de transferência de energia daqui resultantes, associados à ação da gravidade, resultam no ciclo hidrológico responsável pela maior parte dos processos geológicos que ocorrem à superfície da Terra.

No sistema hidrológico, o fluxo ou circulação de gelo (geleiras), a superfície de água corrente (rios) e das águas subterrâneas (aquíferos e lençóis freáticos), são regulados pela força gravitacional. No sistema tectônico, guinchos e afundamento da crosta (movimentos verticais de altos e baixos da superfície terrestre), combinado com os movimentos horizontais das placas, muitas vezes são controlados pela gravidade.

A gravidade também está intimamente ligada à diferenciação no interior da terra (estrutura interna do planeta), como ela é a força que controla o contato geológico ou limite entre a litosfera e a astenosfera (litosfera, mas frio, rígido e leve, flutua sobre a astenosfera, mas quente, suave - plástica e densa)

A teoria da isostacia argumenta que os levantamentos e córtex, subsidência contínua afetando em resposta à força da gravidade, tendem a manter um equilíbrio ou gravidade de equilíbrio em todo o sistema.

Todo o ajuste isostático, esta tendência é o ponto de equilíbrio gravitacional entre a crosta e o manto, faz o primeiro movimento do manto com base em seu volume e densidade e força que controla essas configurações é a gravidade.

Qualquer alteração na superfície da Terra por meio da adição ou remoção de material, pois o ajuste isostático (o terreno de alta montanha tem raízes profundas no manto)

O isostacia está ligado a todos os processos que modificam a distribuição de materiais sobre a superfície, como qualquer tipo de superfície de carga e descarga de produzir movimentos verticais da litosfera

O conceito fundamental de isostacia é estudar as características principais da crosta, como continentes, bacias oceânicas e cordilheiras e, portanto, entender a resposta da crosta de erosão, sedimentação e glaciação. Isso significa que, o ajuste isostático está envolvido em quase todos os processos exógenos.

**O Sistema Tectônico.** Mesmo a energia solar explicando muitos dos processos geológicos, alguns são claramente independentes desta fonte energética; sismos, vulcões e a própria Tectônica de Placas são alguns dos exemplos mais visíveis. O estudo da origem do calor interno do nosso Planeta e do processo de arrefecimento da Terra permite-nos perceber como funciona a Tectônica de Placas e, por conseguinte, muitos outros processos geológicos desencadeados por ela.

O sistema de dinâmica tectônica está estreitamente ligado à estrutura interna da Terra e as características físicas do planeta. Este sistema é responsável pelas principais características da superfície terrestre, tais como os continentes e bacias oceânicas. Sobre os continentes, as principais características estruturais dos escudos, plataformas e montanhas, algumas vezes no fundo do oceano, estão também no meio do oceano em forma de cumes, planícies abissais, montes submarinos, trincheiras e margens continentais.

O sistema tectônico é o sistema dinâmico que controla os movimentos horizontais da crosta (a deriva continental e a expansão do fundo do oceano) e os ciclos de vida dos oceanos (o "nascimento", de evolução e "morte").

O sistema tectônico, cuja dinâmica está diretamente associada com a teoria das placas tectônicas, a teoria de que a parte externa da Terra sólida (litosfera) é "quebrada" e dividida em uma série de placas ou unidades litosfera, mecanicamente rígida e independente que se movem livremente uma em relação a outra e, seus respectivos contatos mútuos, manifestando a atividade geológica mais importante do sistema. É uma teoria unificada que explica a evolução dos continentes e bacias oceânicas, a gênese das cordilheiras montanhosas, a gênese e distribuição dos depósitos minerais, etc..

**O sistema do Clima.** Ao pensarmos na complexibilidade de fatores determinantes do clima terrestre, veremos que sua alteração não é um processo simples, já que o clima inclui inúmeras propriedades e fatores dentro do sistema Terra (como energia, água, vegetação) que,

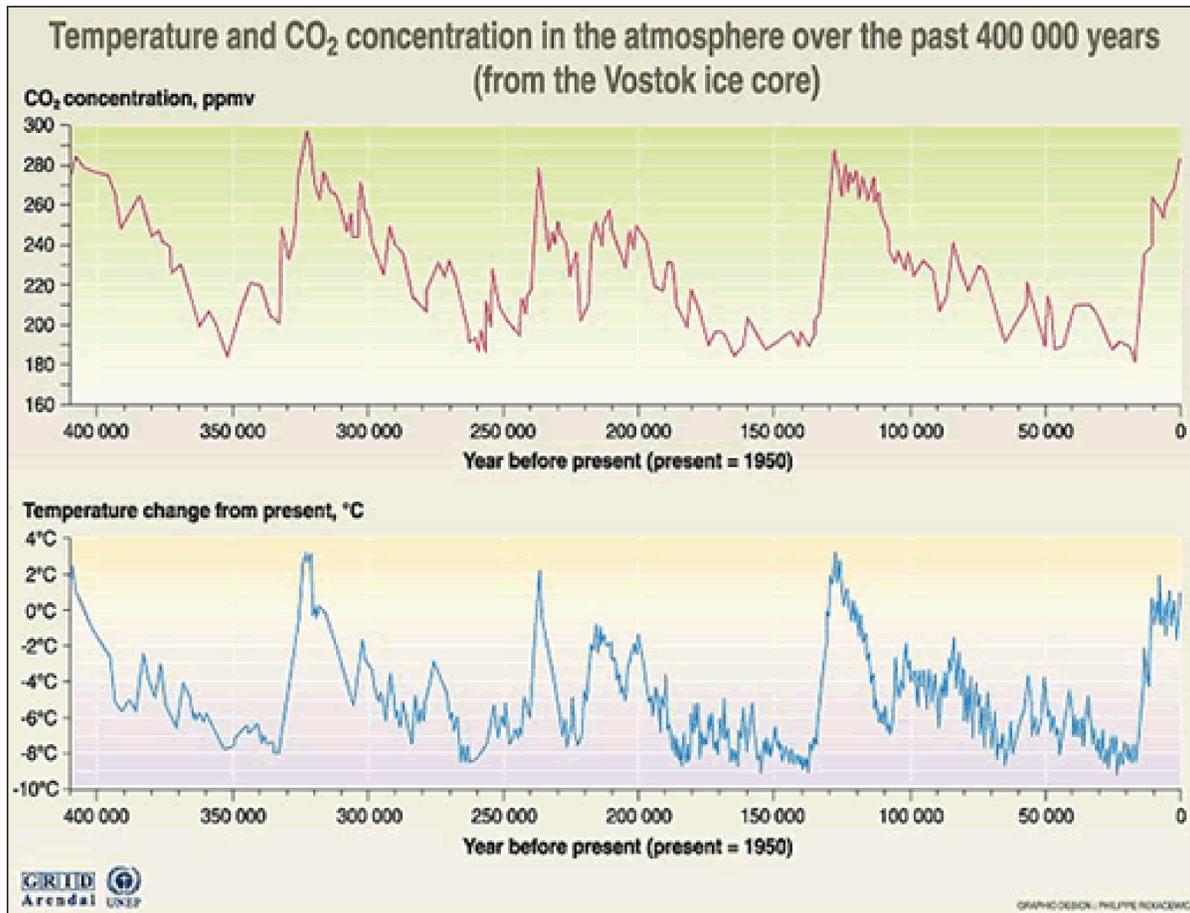
são variáveis importantes para determinar o clima numa escala global e descobrir como se organiza os processos climáticos.

Entre os geólogos, para o estudo do comportamento do planeta e também do seu clima, é necessário o entendimento a partir de muitas variáveis. Alguns autores que atuam no referido campo de pesquisa, dentre eles Frodeman (2001) e Press *et al* (2006), acreditam que para se estudar e descrever o comportamento do clima na Terra seria adequado considerá-la como sendo um *sistema* integrado no qual, diferentes fatores, se interagem e se interferem mutuamente.

As interações entre os componentes do sistema são governadas pela energia do Sol e do interior do planeta e organizadas em três geossistemas globais: sistema do clima, sistema das placas tectônicas e sistema do geodínamo. Assim, cada um dos subsistemas terrestres funciona de acordo com suas interações particulares e cada um deles mantém inter-relações com os demais sistemas (Souza, 2010)

Quando o assunto em questão é a mudança do clima na Terra, podemos notar que estas variáveis, utilizadas como ferramentas do conhecimento geológico, tornam-se fundamentais para uma observação crítica do fenômeno, vejamos o gráfico a seguir:

**Gráfico 3.1-** Variação da temperatura global e da concentração de CO<sub>2</sub> ao longo de 450.000 anos, obtido através da análise de testemunhos de gelo.



**Fonte:** LGGE, CNRS Petit et al. 1999

É notável, que ao longo do tempo geológico, desde a sua formação, o nosso planeta passou por vários períodos glaciais, onde a temperatura da Terra caiu drasticamente causando o aumento das calotas polares e gerando mudanças nas formas de vida do planeta e em nosso relevo.

Diante destas informações, foi estimado que em média o clima do planeta se alterna em ciclos de 10 mil anos e, com base nas informações obtidas no gráfico acima, as quatro últimas glaciações ocorreram em períodos de baixa concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, desta maneira, podemos notar que existe uma correlação entre estas variáveis.

Essa coerência, entre as glaciações e as curvas de variação de temperatura média e obtidas, nos induz a observar que a humanidade está se aproximando do período de máxima variação de temperatura do planeta e que, dentro de algum tempo, estaremos iniciando um novo processo de resfriamento.

Apesar dos dados sinalizarem as existências de ciclos de temperatura no planeta, sempre existirá dúvidas sobre a certeza da ocorrência, ou não, de um novo ciclo de glaciação do planeta e de que maneira o homem interferirá nesse “ciclo natural” de alternância de curtos períodos de “clima quente” com longos períodos glaciais.

Lembro ainda que ao utilizar a teoria de sistemas quando nos referimos ao nosso planeta, temos que lembrar que o mesmo faz constantes trocas e manutenção de energia, e que eles são fundamentais para a constituição do planeta como conhecemos, vê-se isso apoiado em Capra (1999) pode-se afirmar que a questão da entropia remete à termodinâmica com as suas leis, a saber:

A primeira lei da termodinâmica é a lei da conservação e estabelece que, embora a energia não possa ser criada nem destruída, pode ser transformada de uma forma para outra. Na verdade, tudo é feito de energia. Contornos, formas e movimentos de tudo que existe representam concentrações e transformações de energia. Tudo o que existe no mundo, do mais simples ao mais complexo, tenha ou não sido criado pelo homem – plantas, animais, os próprios seres humanos, sistemas, máquinas, indumentárias, pedras, edifícios, monumentos etc. – representam transformações de energia de um estado para o outro.

Destruição ou morte dessas entidades representa, também, transformação de energia de um estado para o outro, ou seja, a energia neles contida é conservada e transformada: não desaparece. Essa primeira lei da termodinâmica estabelece, simplesmente, que não se gera nem se destrói energia. No caso do nosso planeta, recebemos grande quantidade de energia e partículas oriundas do Sol e do espaço, e que parte dela retorna através da reflexão.

É possível perceber, nas leituras até aqui realizadas, que entender a Terra e desenvolver os alunos dentro do pensamento sistêmico é algo em grande parte complexo e de alta dificuldade, tanto aos professores quanto ao ambiente escolar e material didático. Este pensamento, porém é extremamente necessário para o entendimento, principalmente, de temas geocientíficos em que uma gama de conceitos são necessários para sua compreensão e entendimento, como no caso do ciclo do carbono e nos ciclos biogeoquímicos em geral.

Um destes referenciais importantes na compreensão do ciclo do carbono é o tempo, ou melhor, dizendo a escala de tempo.

### 3.5 O tempo

Definir uma metodologia em sala de aula, ou mesmo em um extenso currículo quais temas, e de que maneira, deverão ser abordados, é uma questão ampla e complicada para o professor, quando esta já árdua tarefa, é ligada a conteúdos geocientíficos que, em muitos momentos, necessitam de uma abordagem interdisciplinar isso se torna ainda mais complexo.

Existe até mesmo, o risco de que alguns assuntos não sejam trabalhados e compreendidos, de maneira satisfatória, pelos alunos. É o que geralmente acontece ao tempo geológico.

Um dos aspectos que torna a Geologia uma Ciência diferente das outras, tem a ver com a dimensão do tempo durante o qual a maior parte dos processos geológicos se mantém ativos. A abordagem, segundo uma perspectiva histórica, de como os cientistas se foram percebendo a necessidade de medir esse tempo, e dos processos que foram sendo encontrados, ajuda-nos a compreender melhor o significado do tempo em Geologia.

O tempo sempre foi uma variável de grande importância na humanidade. Conceber o tempo de forma a evidenciar fatos ocorridos, em antigos relatos, sempre instigou a preocupação de inúmeras figuras importantes na história da humanidade e nas ciências, por isso um dos grandes desafios impostos aos cientistas foi o desenvolvimento e a concepção de tempo profundo.

O conceito de tempo profundo, contudo, não é de tão simples de entendimento, pois sentir a realidade de bilhões de anos traz incômodas sensações. A aceitação deste conceito somente se deu por volta do século XIX com a ajuda de teólogos arqueólogos, historiadores e linguistas - além de geólogos e biólogos

Na obra de Gould (1991), a ordem temporal dos cientistas que esboçaram avanços na descoberta do tempo: Thomas Burnet, segundo o autor, “vilão porque infectado com o dogmatismo teológico”, com sua obra *Sacred theory of the Earth* (História sagrada da Terra), na década de 1680. O primeiro herói, James Hutton com sua *Theory of the Earth* (Teoria da Terra)

em 1780 e Charles Lyell, o segundo herói, em 1830 com sua obra *Principles of geology* (Princípios da geologia).

Estes três autores, segundo Gould (1991) representaram a evolução e construção do conceito de tempo profundo, uma vez que, através de suas obras a concepção de tempo foi sendo modificada e abrangida, porém Burnet representando o exemplo clássico de limitação por se “racionalismo anti-científico”, como sendo a oposição arraigada da Igreja e da sociedade aos novos métodos de observação da ciência.

Burnet, Hutton e Lyell debateram-se com metáforas antigas, que expressavam visões conflitantes da natureza, do tempo e das transformações, para Gould (1991):

Essas suas concepções levaram a descoberta do tempo profundo tão certamente quanto qualquer observação de rochas ou afloramentos [...] Haveremos de compreender a descoberta do tempo profundo quando reconhecermos que as metáforas subjacentes a vários séculos de debates são uma herança comum a todas as pessoas que alguma vez se debateram com enigmas tão fundamentais quanto direção e imanência.  
(GOULD, 1991, p 19)

Encontraremos na geologia a aplicação em lócus do conceito de tempo geológico, já que seu objeto de estudo, trabalha muito além do tempo em que a presença humana se fez em nosso planeta. Ou seja, na geologia não apenas há uma ênfase nas transformações, como em transformações e processos envolvendo intervalos de tempo muito longos, muito maiores do que o próprio tempo da humanidade.

Na disciplina, a noção de tempo é fundamental, como diz Compiani (2007):

Em Geologia, trabalha-se com gigantescas escalas espaciais e temporais e observação indireta de vários fenômenos, por exemplo, os modelos sísmicos do interior da Terra ou os caminhos da água subterrânea. Com isso, pode-se auxiliar os estudantes no exercício de causas e efeitos mais distantes do seu dia-a-dia - temporal e espacialmente - e exercitar a explicação de fenômenos com causas diversas de modo a, progressivamente, ir construindo um raciocínio mais complexo, diferente da causalidade linear e simples.  
(COMPIANI, 2007, p. 31)

Por não possuir instrumentos precisos para mensurar o tempo, a geologia, lança mão de adjetivos como *grande* ou *pequeno*, *longo* ou *curto*, para determinar intervalos de tempo que

podem significar longos períodos do ponto de vista humano. Geologicamente falando, um milhão de anos pode significar um intervalo de tempo relativamente curto.

Para o cálculo da idade da Terra, pode-se lançar mão de três processos diferentes:

- **processos geológicos:** salinidade dos oceanos, sedimentação e denudação.
- **processos astronômicos:** perda de calor do Sol e da Terra e a evolução das órbitas de planetas e satélites.
- **processos físicos:** os elementos radioativos ocorrem em proporções muito pequenas nos minerais e rochas, requerendo métodos analíticos muito precisos, capazes de separar isótopos de um mesmo elemento pelo seu número de massa. O equipamento utilizado para este fim é o espectrômetro de massa que permite a detecção de elementos com concentrações de até n partes por trilhão (ppt).

Os processos geológicos correspondem à idade da Terra, já solidificada e possuindo atmosfera livre do excesso de vapor de água. Compreende-se esse fato considerando o sistema solar e a origem do globo terrestre. Em relação à concentração salina dos oceanos, a Terra teria cem milhões de anos. Já o processo de sedimentação é muito falho, pois se considera que para se formar uma camada de calcário de trinta centímetros são necessários cinco mil anos. Através disso, os geólogos concluíram que a Terra teria um bilhão e quinhentos milhões de anos a três bilhões de anos. A denudação é também um processo ineficiente.

Dos três processos apresentados, o mais seguro para se datar a idade da Terra é o físico, pois aplica o chamado método radiogênico, baseado, conforme dito anteriormente, na desintegração dos átomos de urânio e tório.

O conceito de tempo geológico é fundamental para construir uma perspectiva mais abrangente e integrada das inter-relações sociedade e natureza.

Essa importância, ao considerarmos o tempo tanto em processos físicos da formação da Terra como nos processos que levaram a sua modificação e atual configuração com elementos bióticos, é relevante não somente em geologia, podemos notar que para a biologia — que trabalha muito com ciclos e energia do ecossistema — ela é fundamental, como se pode ver a seguir:

Cada elemento segue uma trajetória única, determinada por suas transformações bioquímicas particulares, no seu ciclo através do ecossistema. Sistemas vivos transformam elementos nos seus compostos para fornecer nutrientes que vão construir as estruturas e

transportar a energia requerida por todos os processos vitais. A longo prazo, os processos que transformam elementos de uma forma em outra devem equilibrar esses processos que restauram a forma inicial.  
(RICKLEFS, 1996, p. 101)

E continua ligando-se ainda a outras áreas do conhecimento:

Nem todas as transformações de elementos no ecossistema são biológicas, nem envolvem assimilação líquida ou liberação de quantidades úteis de energia. Muitas reações químicas têm lugar no ar, no solo e na água. Algumas delas, tais como o intemperismo da rocha matriz, liberam certos elementos (potássio, fósforo e silício, por exemplo) para o ecossistema. Outros processos físicos e químicos, tais como a sedimentação do carbonato de cálcio nos oceanos, retiram elementos de circulação e os incorporam na crosta da Terra, onde podem permanecer presos por eras.

(RICKLEFS, 1996, p. 101)

‘ Sendo assim, é inevitável pensar os elementos do sistema terrestre, sem considerarmos o tempo como eixo fundamental de compreensão e abstração para o seu entendimento. Assim como não podemos pensar o nosso planeta atualmente sem considerar os seres humanos.

### **3.6 O homem como parte do sistema terrestre**

Desde que, o primeiro homo sapiens transformou seu entorno natural em benefício próprio, há uma discussão sobre o quanto ele é capaz de modificar e acomodar a paisagem natural ou natureza e, esta discussão, nos remete a considerar as razões pelas quais, muitas vezes a real necessidade da utilização dos recursos naturais é feita de forma desacerbada e acelerada, degradando e retirando, do meio natural, recursos além do necessário.

Para Milton Santos (1992) “A história do homem sobre a Terra é a história de uma ruptura progressiva entre o homem e o entorno. Esse processo se acelera quando, praticamente ao mesmo tempo, o homem se descobre como indivíduo e inicia a mecanização do Planeta, armando-se de novos instrumentos para tentar dominá-lo. A Natureza artificializada marca uma grande mudança na história humana da Natureza. Agora, com a tecnociência, alcançamos o estágio supremo dessa evolução.”

Abordaremos natureza como um sistema complexo em que, por bilhões de anos, se formou e modificou. Nele encontramos ciclos de complexo entendimento, mas constante no

sistema terrestre. Isso será abordado como um processo natural que acontece e se mantém automaticamente como o ciclo do carbono, da água, nitrogênio, entre outros, que há uma escala muito elevada de tempo se manteve apenas com alterações “naturais”. O grande dilema da construção de qualquer pensamento sistêmico e da visualização da formação do planeta como uma constante com variáveis naturais, é a presença humana.

No começo da existência humana sobre o planeta, a configuração territorial era baseada basicamente em um grande conjunto de complexos naturais, onde o grande desafio era explorar, dominar e sobreviver. Para Santos (1997) à medida que a história vai se fazendo, a configuração territorial é dada pelas obras dos homens: estradas, plantações, casas, depósitos, portos, fábricas, cidades, etc.; verdadeiras próteses. Cria-se uma configuração territorial que é cada vez mais o resultado de uma produção histórica e tende a uma negação da natureza natural, substituindo-a por um a natureza cada vez mais humanizada.

O homem (ser biológico) surge como agente modificador das paisagens naturais, onde é capaz de “retirar”, modelar e modificar seu lugar de acordo com suas necessidades, seu conforto local, fazendo da transformação destes recursos em bens de consumo. Em Santos, (1991):

Essa evolução culmina, na fase atual, onde a economia se tornou mundializada, e todas as sociedades terminaram por adotar, de forma mais ou menos total, de maneira mais ou menos explícita, um modelo técnico único que se sobrepõe à multiplicidade de recursos naturais e humanos. (SANTOS, 1991, p. 42)

Consideramos que a partir do grande desenvolvimento tecnológico e do consumo, há cada vez mais a necessidade de utilização e modificação de recursos naturais e, este modelo atual de desenvolvimento, vem provocando modificações na paisagem natural, sem que se tenha controle das consequências desta intervenção.

Deve-se ressaltar a importância do uso do conceito sistêmico da geografia, que considera que dentro desta disciplina “*cabe estudar o conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ação que formam o espaço*”. (SANTOS, 1997). Desta forma, não é mais possível considerar isoladamente as funções humanas e naturais do nosso planeta, mas, é necessário interligar este conjunto de objetos e ações, que resultam em consequências para ambos os lados.

O vetor de intervenção humana mais constante no ambiente natural, que por muitos é considerado o de maior relevância sobre os processos naturais do planeta, é a produção de alimentos. Vivemos um contexto mundial em que, apesar de muitos locais se encontrarem saturados para a agricultura e pecuária, o contínuo avanço tecnológico proporciona a cada ano recordes de produção e exportação de produtos agrícolas e, destacamos, porém, que ainda sim, milhões de pessoas em todo o mundo não têm acesso à ingestão mínima de alimentos ao dia.<sup>11</sup>

A ingestão e a conseqüente produção de alimentos são uma forma justificável da intervenção humana no ambiente e, além da retirada de itens indispensáveis a manutenção da vida, há a utilização de recursos para produção de materiais e elementos supérfluos, que tem somente a função de atender a uma maior comodidade ou até mesmo estabelecer status dentre as diferentes necessidades.

Chegaremos então ao conceito chave na relação entre o homem e o meio que o cerca, já que para entendermos o porquê este, intervém cada vez mais diretamente com uma sede incansável por novos recursos e tecnologias: o consumo.

Encontramos, em Maria Adélia Aparecida de Souza (2003), no seu ensaio sobre o meio ambiente e o uso de recursos naturais uma resenha sobre o tema:

Vivemos em um mundo exigente de um discurso, necessário à inteligência das coisas e das ações. É um discurso dos objetos, indispensável ao seu uso, e um discurso das ações, indispensável à sua legitimação. Mas ambos esses discursos são freqüentemente, tão artificiais como as coisas que explicam e tão enviesados como as ações que ensejam. (SOUZA, 2003, p.100)

Nas últimas décadas, houve um aumento significativo do consumo em todo mundo, provocado pelo crescimento populacional e, principalmente, pela acumulação de capital das empresas que puderam se expandir e oferecer os mais variados produtos, conjuntamente com os anúncios publicitários que propõe o consumo a todo o momento. Chama-se de consumo, o ato da sociedade de adquirir aquilo que é necessário a sua subsistência e também aquilo que não é indispensável, ao ato do consumo de produtos supérfluos, denominamos consumismo.

---

<sup>11</sup> Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) O mundo produz comida suficiente para todos, porém muitas pessoas com fome! A resposta a este problema é simples: estas pessoas não podem comprar comida. Mais de um bilhão de pessoas subsistem com menos de um dólar por dia.

Ainda segundo Souza (2003), para suprir as sociedades de consumo, o homem interfere profundamente no meio ambiente, pois tudo que o homem desenvolve vem da natureza, aqui nesse contexto é o palco das realizações humanas. Com o objetivo de “frear” o consumo desnecessário e, ainda assim, mantermos as necessidades supridas, criou termos como desenvolvimento sustentável, que prega o consumo consciente.

Neste contexto, o poder de abrangência dos meios de comunicação em massa, se torna uma ferramenta fundamental, uma vez que, estimula o consumo através de comerciais e “vende” um modo de vida ao mesmo tempo em que prega o valor da conscientização no uso das matérias primas, e na proteção do ambiente natural.

Aos termos contato, com qualquer meio midiático de comunicação, somos abordados constantemente com assuntos pautados na conservação, preservação ou mudança das naturezas, eles são inúmeros e vai desde a preservação de matas e ambientes naturais, a reciclagem, despoluição de rios, consumo consciente, entre outros. Existem várias entidades, (ligadas á instancias governamentais ou não), que se dedicam em propagar a importância da conservação do ambiente natural.

Farei a seguir, uma pequena reflexão sobre um tema que tem apresentado bastante destaque e atingido diferentes níveis da sociedade gerando uma grande discussão: o aquecimento global.

Esta reflexão se faz presente em nosso contexto, pois a matriz geradora de nosso discurso é o ciclo do carbono, justamente este elemento (Carbono) considerado através da interferência humana o responsável por tal fenômeno, segundo alguns discursos.

O aquecimento global é definido de diferentes maneiras, mas buscando uma explanação básica, tratemos algumas considerações ao tema encontrado em Molion (2006):

O clima da Terra tem variado ao longo das eras, forçado por fenômenos de escalas de tempo década até milenar. No final da década dos anos 1970, após um período de 30 anos de resfriamento, surgiu a hipótese que a temperatura média global da superfície estaria aumentando devido à influência humana. Essa hipótese está fundamentada em três argumentos: a série de temperatura média global do ar na superfície “observada” nos últimos 150 anos, o aumento observado na concentração de gás carbônico a partir de 1958 e os resultados obtidos com modelos numéricos de simulação de clima.

(MOLION, 2006, p.13)

A partir da constatação de um período de mudança no clima da Terra, inúmeras pesquisas foram realizadas e divulgadas, apresentando dados, até mesmo alarmantes, sobre o tema. Criou-se uma mistificação sobre as causas deste aquecimento que, se comprovado, mudará a dinâmica da biosfera, fazendo com que o tema adotado por inúmeros pesquisadores, seja trabalhado exaustivamente em diversos tipos de mídia.

Conclusões ao tema, porém ainda são diversas, não raro encontram-se dúvidas sobre a veracidade do fenômeno. Mas porque então verificamos uma midiática deste discurso? Para Santos (1991):

A mediação interessada, tantas vezes interesseira, da mídia, conduz, não raro, à doutorização da linguagem, necessária para ampliar o seu crédito, e à falsidade do discurso, destinado a ensombrecer o entendimento. O discurso do meio ambiente é carregado dessas tintas, exagerando certos aspectos e detrimento de outros, mas, sobretudo, mutilando o conjunto.

(SANTOS, 1991, p.101)

Mas como o homem interfere no ciclo do carbono? Até que ponto isso agrega às mudanças climáticas?

Segundo o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), estabelecido em 1990 pela Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o aquecimento global está ocorrendo em função do aumento da emissão de gases poluentes, principalmente, derivados da queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel, etc.), na atmosfera. Estes gases (ozônio, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e monóxido de carbono) formam uma camada de poluentes, de difícil dispersão, causando o famoso efeito estufa. Este fenômeno ocorre, pois, estes gases, absorvem grande parte da radiação infravermelha emitida pela Terra, dificultando a dispersão do calor.

O desmatamento e a queimada de florestas e matas também colaboram para este processo. Os raios do Sol atingem o solo e irradiam calor na atmosfera. Como esta camada de poluentes dificulta a dispersão do calor, o resultado é o aumento da temperatura global. Embora este fenômeno ocorra de forma mais evidente nas grandes cidades, já se verifica suas consequências em nível global.

Apesar de ser apontado como vilão das mudanças climáticas, a variação de Carbono e de sua circulação em seu ciclo já ocorreu anteriormente em nosso planeta, (antes mesmo da presença humana), e é considerável que nada podemos concluir em tão pouco tempo de estudo, já que os sistemas terrestres apresentam-se demasiadamente complexos e, para que algo se conclua, é necessário muito investimento e pesquisa científica sobre o assunto, como podemos ver em Carneiro e Silva (2010):

Por mais avançadas que estejam as Geociências, marcadamente as subáreas da Geologia e Geografia, muito ainda existe para pesquisar sobre os fenômenos naturais. As causas do aquecimento/resfriamento global são naturais e podem ser amplificadas por ações antropogênicas, no caso de aquecimento. Dentre as causas conhecidas, a humanidade pode interferir apenas na retenção de calor pela atmosfera. As causas astronômicas e tectônicas estão livres de nossa influência.

(CARNEIRO e SILVA, 2010)

As mudanças climáticas, tal como posto, passaram ao nível de controvérsia científica, que Narasimhan (2001) define “como uma disputa conduzida publicamente e mantida persistentemente, sobre um assunto de opinião considerado significativo por um número de cientistas praticantes” (p. 299). Este autor ainda destaca três implicações desta definição: levando em conta o período de duração da controvérsia, esta é levantada como um evento histórico e, por consequência, sua análise deve ser histórica; a controvérsia levanta o desejo dos envolvidos em demonstrar os bons fundamentos das suas alegações epistêmicas e estas alegações trazem certos valores; (Apud Ramos, 2009, p 37).

A ambiguidade dos problemas climáticos, que envolvem a participação humana, é entendê-lo como parte integrante do planeta que realmente interfere em seus sistemas e em sua natureza natural (através do desmatamento, extração de minérios, poluições de diferentes maneiras, alteração da natureza original, entre outras...), mas consideraremos também que nosso planeta existe se formou, e se transforma continuamente, de maneira natural sem que o ser humano seja o agente responsável por estas mudanças (como as erupções vulcânicas, terremotos, furacões, entre outras...). O que pode-se notar nos últimos anos foi uma divulgação na mídia que vem transformando fenômenos naturais em catástrofes comerciais, vendidas como verdades

incontestáveis, sem que a maioria da população, (que não possui em geral um bom conhecimento geocientífico) possa distinguir e questionar os acontecimentos.

Pode-se notar esse fenômeno em Santos (1991):

O homem se torna fator geológico, geomorfológico, climático e a grande mudança vem do fato de que os cataclismos naturais são um incidente, um momento, enquanto hoje a ação antrópica tem efeitos continuados, e cumulativos, graças ao modelo de vida adotado pela humanidade. Daí vem os graves problemas de relacionamento entre a atual civilização material e a Natureza. Assim, o problema do espaço humano ganha, nos dias de hoje, uma dimensão que ele não havia obtido jamais antes. Em todos os tempos, a problemática da base territorial da vida humana sempre preocupou a sociedade. Mas nesta fase atual da história tais preocupações redobram, porque os problemas também se acumularam.

(SANTOS, 1991, p. 97)

Passamos por um momento, que a Natureza e seus fenômenos, se tornaram uma febre mundial, lucrativa tanto em sua pesquisa e divulgação, cabendo somente aos educadores em cada nível, mostrar aos seus educandos que a abrangência destes acontecimentos são amplos, e fazem parte de um sistema complexo e constante, em que o tempo adotado tem que ser pensado muito além do que estamos acostumados em nosso cotidiano, desta forma, conhecimentos geocientíficos são fundamentais para compreensão de nosso entorno.

Não podemos esquecer que, embora a questão do aquecimento global, e das mudanças climáticas, sejam muito mais complexas e envolvam outros fatores do que somente a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, os sentidos produzidos sobre o ciclo do carbono passam a ser um campo importante, um recorte indispensável, dadas as implicações sobre esses processos e sobre como o homem tem sido capaz de modificar e interferir de maneira significativa em nosso planeta.

## **4. Ciclo do Carbono em suas várias apresentações**

### **4.1. A dispersão de sentidos**

#### Procedimentos Gerais

O ensino do ciclo do carbono nas escolas e sua posterior cobrança em avaliações, alvo principal desta pesquisa, mostrou-se muito diverso já a partir das primeiras observações em imagens e leituras de materiais escritos. Pude notar, uma imensa diversidade de materiais (livros, apostilas, artigos, abordagem na mídia, internet, televisão entre outros), que traziam e trabalhavam o ciclo de maneiras muito distintas. Esta diferença na abordagem do tema (alguns atribuindo à participação humana, outros não, me fez pensar e desenvolver o estudo dos dispositivos analíticos mostrados anteriormente, por se mostrarem necessárias a um entendimento mais abrangente ao assunto.

Inicialmente procurei observar o ENEM, análise das questões foi balizada pelos seguintes procedimentos gerais:

- ✓ As questões das provas do ENEM foram selecionadas dentro do universo de provas do ENEM de 1998 até 2010, segundo o recorte proposto, já relatado anteriormente;
- ✓ Relatório Pedagógico de algumas provas, disponibilizadas pelo INEP.
- ✓ Análise dos documentos oficiais do ENEM, sua elaboração, competências, habilidades e posterior modificação;
- ✓ Os conceitos científicos que embasam as questões analisadas foram estudados tanto do ponto de vista de conteúdo bem como do ponto de vista metodológico, para que fosse possível avaliar aspectos técnicos das questões formuladas, tendo em vista que tais aspectos são significados pelos leitores. Foi dada especial atenção ao estudo dos conteúdos e das concepções geocientíficas sobre o comportamento da Terra, principalmente sobre o aspecto climático e de suas mudanças ao longo do tempo geológico.

- ✓ Contextualizando cada questão que abordasse ciclo do carbono/aquecimento global/mudanças climáticas para que fosse compreendido, levantando uma série de questionamentos específicos sobre fatos presentes no texto.

Como o ENEM reflete de maneira geral os currículos e o conteúdo estudado em sala, busquei observar também os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCn's), do Ensino Fundamental de Geografia e Ciências, ainda o PCN + do Ensino Médio (Biologia, Química e Física).

Para complementar meu estudo sobre a abordagem do ciclo do carbono em meio escolar, analisei diferentes materiais didáticos (todos referências do PNLD - Plano Nacional do Livro Didático), procurando compreender como estas coleções traziam o ciclo do carbono seus discursos e sentidos.

Em uma tentativa sutil, de mostrar que há uma grande diversidade de construções e definições do ciclo do carbono nos meios escolares, veremos alguns dos mais acessados materiais didáticos<sup>12</sup>, utilizados por professores - que segundo o currículo escolar - trabalham o tema em salas de aula ensino fundamental e médio, exemplificarei algumas destas diferentes concepções e definições de Ciclo do Carbono que podem ser encontradas em livros e materiais de ensino fundamental e médio e sites de circulação geral.

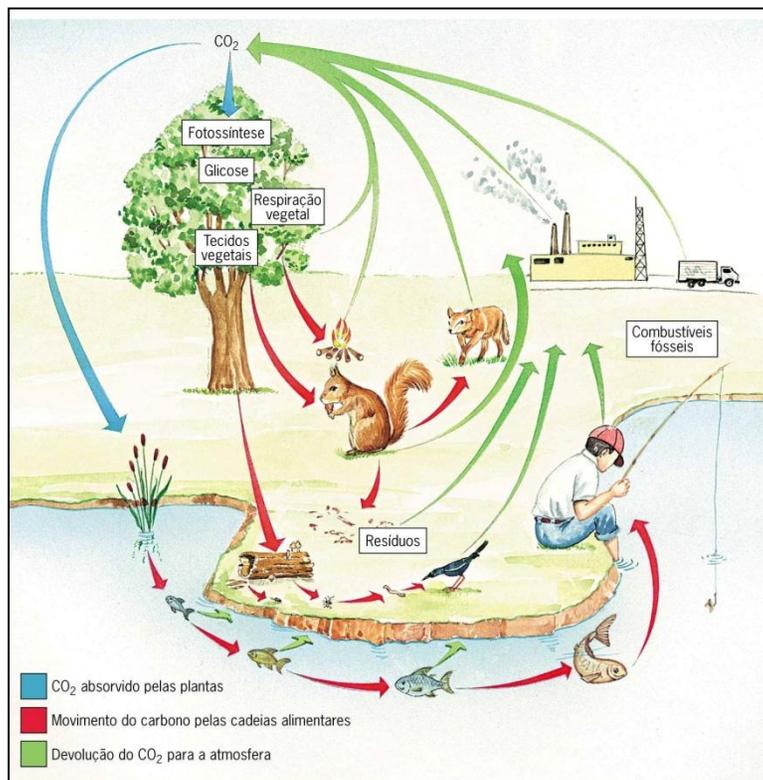
Quando observamos os sentidos possíveis abordados em diferentes meios (didáticos e midiáticos) sobre o ciclo do carbono, vê-se claramente que este assunto possui inúmeras apresentações e interpretações, e para Silva e Boveloni (2009), esses discursos têm chegado à escola tanto pela mídia quanto pelos livros didáticos, e que essa entrada mostra um predomínio do sentido antropogênico para as influências nas transformações do clima, e estão associadas a várias atividades humanas, entre elas, às relacionadas ao aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico. Relatam que há mais ênfase nos impactos ambientais como sendo consequência do consumismo, aumento de população e práticas energéticas, outros aspectos, como o desmatamento, fato importante na questão do Aquecimento Global, ao mesmo tempo em que ocorre um apagamento de uma visão mais sistêmica do funcionamento planetário, das próprias atividades humanas dentro dele, incluindo outras escalas de tempo nesse funcionamento planetário para além da escala humana.

---

<sup>12</sup> Todos os livros e materiais citados tem aprovação e indicação do MEC (Ministério da Educação). Dados do HTTP// [www.portal.mec.gov.br](http://www.portal.mec.gov.br) consultado em 20 -07-2010.

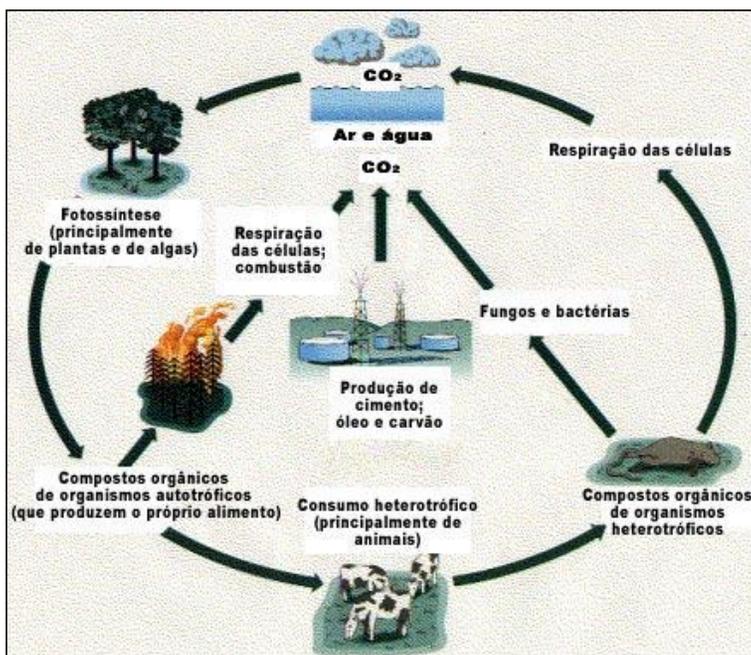
Para que isso se torne mais claro veremos alguns exemplos apresentados, onde o mesmo tema (ciclo do carbono) apresenta-se com diferentes informações e efeitos de sentidos. Eles nos dão, com uma simples observação, uma ideia da dispersão de sentidos que envolvem essa noção.

**Figura 4.1:** Representação do Ciclo do Carbono



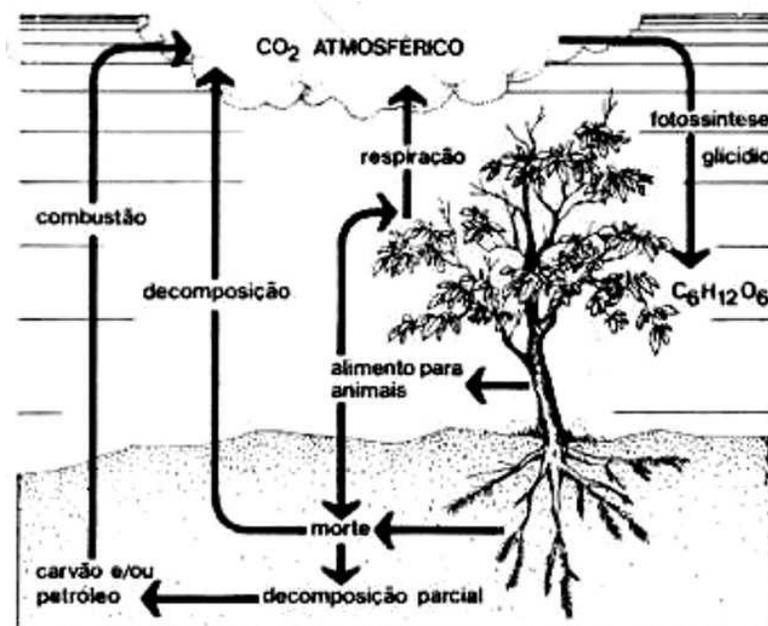
**Fonte:** Biologia vol único César e Sezar 7ª edição Ed Saraiva - São Paulo. 2006 pg. 333

Figura 4.2: Representação do Ciclo do Carbono



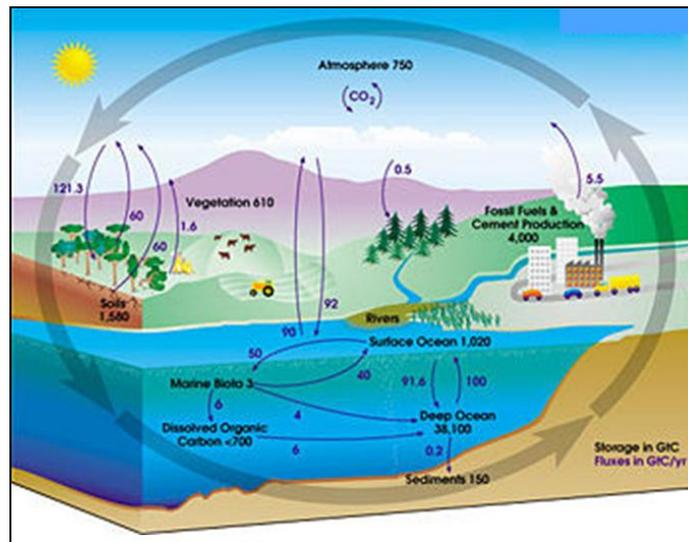
Fonte: <http://www.aticaeducacional.com.br> consultado em 18-06-2009

Figura 4.3: Representação do Ciclo do Carbono



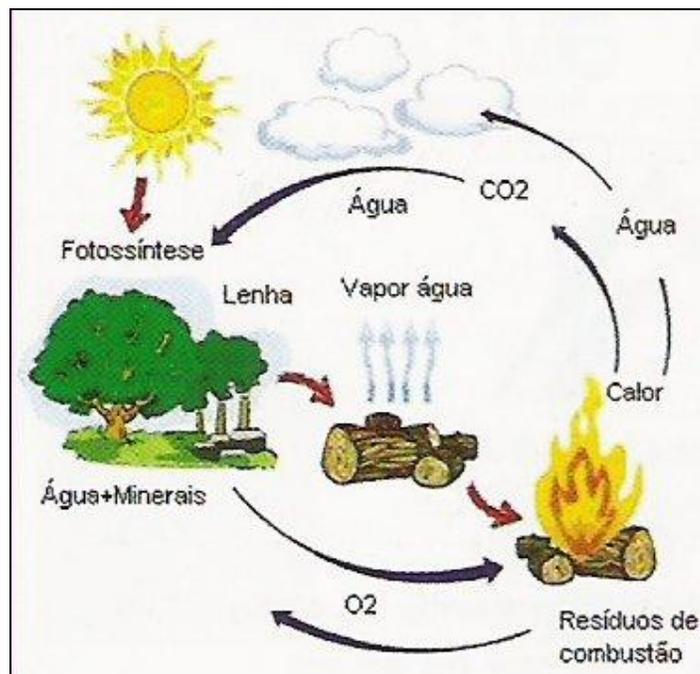
Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-ecologia/equilibrio-ecologico.php>

Figura 4.4: Representação do Ciclo do Carbono



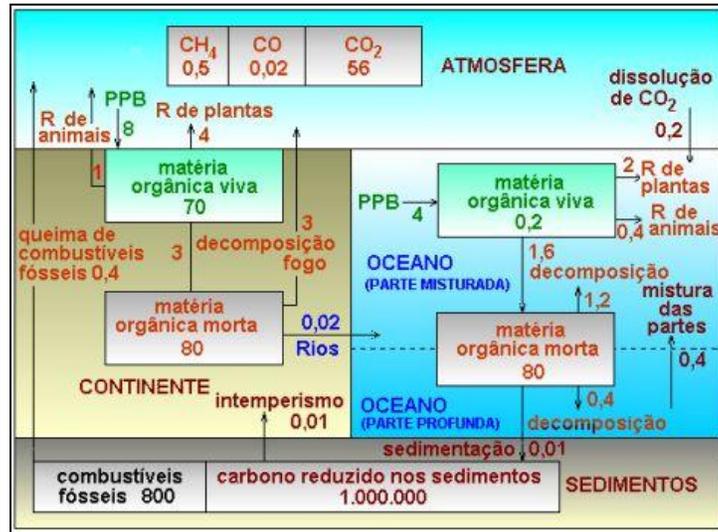
Fonte: [www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=95&l=s](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=95&l=s)

Figura 4.5: Representação do Ciclo do Carbono



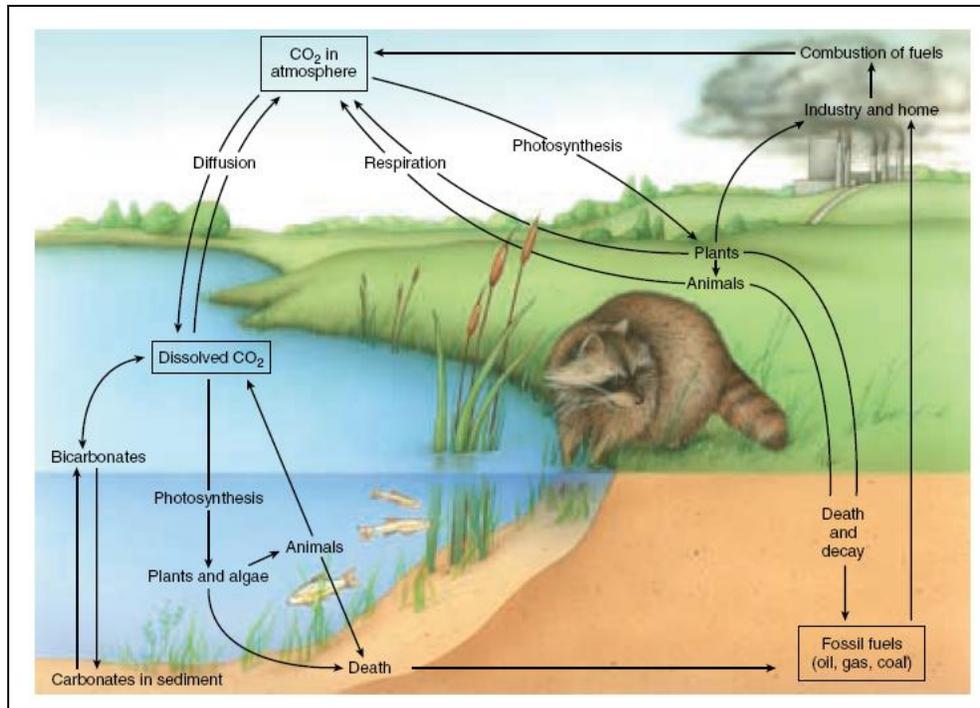
Fonte: <http://www.pelletslar.com>

**Figura 4.6:** Representação do Ciclo do Carbono



Fonte: [http://www.ib.usp.br/ecologia/ciclo\\_biogeoquimicos\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/ciclo_biogeoquimicos_print.htm)

**Figura 4.7:** Representação do Ciclo do Carbono



Fonte: RAVEN, P. H.; JOHNSON, G.. Biology. 6ed. McGraw Hill: Nova Iorque: 2002.

Pode-se considerar então, estas distintas apresentações como exemplos da dispersão encontrada na abordagem do ciclo do carbono no meio didático (em diferentes níveis de ensino: fundamental, médio e superior), para podermos tecer assim, algumas considerações: Porque apesar de representar um mesmo conteúdo (tema) elas apresentam diferentes sentidos? Que visão de ciclo/sistema é trabalhada nestas concepções? Que percepções/leituras os alunos apresentados a elas poderiam desenvolver? Que elementos são considerados/desconsiderados nestas produções? Em que determinadas condições de produção este material foi desenvolvido?

Farei a seguir uma análise de algumas destas definições acima apresentadas, buscando entendê-las de forma mais ampla, analisando suas escolhas e significados na produção de sentidos sobre o ciclo do carbono, e para isso utilizarei as ferramentas de análise do discurso que me possibilitou observar de forma apurada as definições apresentadas.

#### **4.2. Por que ciclo do carbono na escola**

Como demonstrado na introdução acima descrita, não encontraremos nos materiais, imagens e textos citados, uma única versão ou uma mesma maneira de se falar do ciclo carbono, pois além de serem elaborados em diferentes condições de produção - a partir do momento em que o nos desdobramos sobre o tema – inúmeros sentidos são produzidos. Desta forma, podemos entender como os discursos são passíveis de diferentes construções e modificações, como em Ramos e Silva (2009):

Ao compreendermos o contexto de formulação de um discurso, poderemos traçar uma análise que envolva as posições assumidas pelos sujeitos dos discursos, os condicionantes histórico-sociais que os constituem e as formações discursivas em que se inscrevem ao dizer ou ler, identificando-se, por consequência, as relações de intertextualidade (a multiplicidade de textos a que os discursos remetem para constituírem sentidos), as relações de força entre os discursos (as posições sociais ocupadas pelos interlocutores ou, também, o lugar nos quais se vêem, é constitutivo do que eles dizem, fazendo com que suas palavras possam significar de modo diferente pra um ou outro interlocutor), as relações de efeitos de leitura, entre outros mecanismos de argumentação que constituem os discursos e são importantes para o estabelecimento de relações de sentidos.  
(RAMOS e SILVA, 2009, p 04)

A partir desta afirmação criamos dispositivos de interpretação, ferramentas estas, necessárias para que nos orientassem quanto às observações e informações contidas nas análises que realizaremos.

Estes dispositivos são à base de nossa análise, já que buscamos relacioná-los com ciclo do carbono - dentro de um contexto maior de observação, uma vez que os ciclos também ajudam a compor o sistema terrestre - cabe salientar aqui também, que a Análise de Discurso não tem como objetivo, a procura ou a definição de um único sentido ou sentido verdadeiro, buscamos observar e levantar questões produzindo um deslocamento do sentido único e imediato, observando através de nossa base analítica como se dispõe os discursos de ciclo do carbono.

- A escolha do objeto de análise

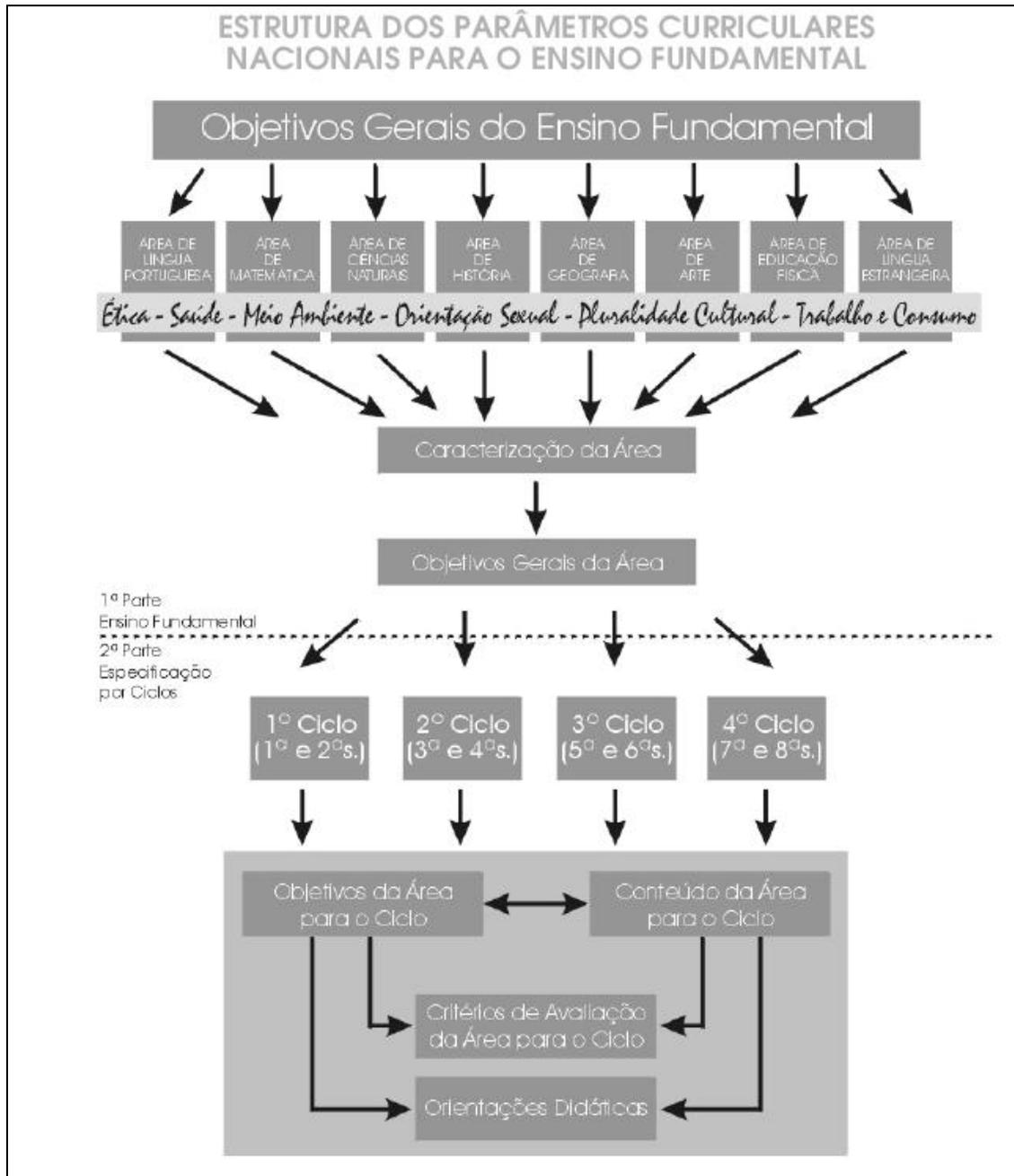
A escolha de uma definição para análise, dentre tantas apresentadas se deu a partir de algumas considerações importantes: iniciamos pesquisando os currículos escolares propostos pelo MEC e conseqüentemente os PCNs, que norteiam as bases de estudo e formulação de conteúdo dos estados, municípios e materiais didáticos em todo território nacional.

O PCN tem como objetivo, segundo o ministério da educação, estabelecer uma referência curricular e apoiar a revisão e/ou a elaboração da proposta curricular dos Estados ou das escolas integrantes dos sistemas de ensino. Os PCNs são, portanto, uma proposta do MEC para a eficiência da educação escolar brasileira. São referências a todas as escolas do país.

Seu objetivo, é garantir que crianças e jovens tenham acesso aos conhecimentos necessários para a integração na sociedade moderna como cidadãos conscientes, responsáveis e participantes.

Como se pode notar na figura baixo, os parâmetros curriculares nacionais buscam orientar as diferentes disciplinas do ensino fundamental II e médio, com a finalidade de desenvolver nos alunos competências e habilidades distintas, e para os alunos do terceiro e quarto ciclo do ensino fundamental, destaca:

**Figura 4.8:** Objetivos do Ensino Fundamental



**Fonte:** Brasil, Parâmetros Curriculares Nacionais, Ensino Fundamental.

Ao atentarmos para os objetivos gerais propostos, é possível notar que o trabalho destes conteúdos deve ser realizado interdisciplinarmente, observa-se ainda, que algumas áreas do conhecimento possuem a habilidade de promover uma maior conexão entre as diferentes áreas do

conhecimento, dentre elas a Geografia, Ciências e a Biologia, se mostraram capazes de trabalhar de maneira interligada a outras ciências os temas referenciais propostos pelo PCN.

A abordagem de temas ambientais e científicos é de suma importância no ambiente escolar, uma vez que, este atua como um grande receptor tanto das discussões acadêmicas quanto cotidianas: a escola e, conseqüentemente seu material didático, é acionado na discussão deste tema (e de outros), tão amplamente abordado no meio midiático e requisitado pelos alunos. Desta forma, é fundamental entender como o assunto é abordado ainda que de maneira geral, já que a educação ambiental tem sido muito discutida. Como discorre Ab'Saber (1991), ao relatar a preocupação básica da Educação Ambiental é a de garantir um meio ambiente sadio pra todos os homens e tipos de vida existentes na face da Terra.

Ao visualizar as definições didáticas usadas em meios escolares, responsáveis em auxiliar os alunos na compreensão deste conteúdo ligado as geociências (principalmente em suas relações com as disciplinas escolares geografia, ciências e biologia). Buscou-se perceber como o tema é abordado já que através da realização de uma análise superficial pudemos entender que apesar de extremamente importante o ciclo do carbono é de maior forma abordado somente na disciplina de biologia para os alunos do ensino médio, não apresentando - se (ou sendo citado apenas superficialmente) nas disciplinas de geografia e ciências do ensino fundamental.

É de grande relevância observar que os PCNs incentivam o estudo do tema, em Geografia, por exemplo, quando destaca que:

Os conteúdos a serem estudados devem promover a compreensão, por parte dos alunos, de como as diferentes sociedades estabeleceram relações sociais, políticas e culturais que resultaram numa apropriação histórica da natureza pela sociedade, através das diferentes formas de organização do trabalho, de perceber e sentir a natureza, de nela intervir e transformá-la. (PCN, 1998, p.11)

No primeiro ciclo

A visão global de natureza expressa na paisagem local pode ser realizada através dos hábitos de consumo, pesquisando os produtos que participam da vida cotidiana, como são feitos e qual a origem dos recursos naturais que estão envolvidos em sua produção. É possível, ainda, aproximar os alunos do papel do trabalho na transformação da natureza, investigando como pessoas de diferentes espaços e tempos utilizam técnicas e instrumentos distintos de trabalho na apropriação e transformação dos elementos naturais disponíveis na paisagem local. Entretanto, a dimensão utilitária da natureza como recurso natural pode

ser ultrapassada ao se abordar também suas características biofísicas e as relações afetivas e singulares que as pessoas estabelecem com ela e as manifestam através das artes e das formas de lazer, por exemplo.  
(PCN,2008, p.14)

Com a área de Ciências também há uma afinidade peculiar nos conteúdos desse ciclo, uma vez que o funcionamento da natureza e suas determinações na vida dos homens devem ser estudados. Sem perder de vista as especificidades de cada uma das áreas, o professor pode aproveitar o que há em comum para tratar um mesmo assunto sob vários ângulos. (PCN,1998,p.13)

### E segundo ciclo

Como diferentes setores da sociedade usam e abusam das tecnologias e quais suas responsabilidades frente ao meio ambiente, nos desmatamentos, no lançamento de poluentes para a atmosfera. Quem são os atores sociais que definem quais e como se utilizam as tecnologias e quem sofre os prejuízos de seu uso indevido.  
(PCN, 1998, p.20)

Já no ensino de ciências, do ensino fundamental, podemos perceber que o assunto também é apresentado de maneiras diversas, nos diferentes ciclos:

Os problemas relativos ao meio ambiente e à saúde começaram a ter presença quase obrigatória em todos os currículos de Ciências Naturais, mesmo que abordados em diferentes níveis de profundidade e pertinência. (PCN, 1998, p. 20)

### Ainda no Ensino Fundamental

Mostrar a Ciência como um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental. A apropriação de seus conceitos e procedimentos pode contribuir para o questionamento do que se vê e ouve, para a ampliação das explicações acerca dos fenômenos da natureza, para a compreensão e valoração dos modos de intervir na natureza e de utilizar seus recursos, para a compreensão dos recursos tecnológicos que realizam essas mediações, para a reflexão sobre questões éticas implícitas nas relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia. (PCN, 1998, p.22)

É necessário conhecer o conjunto das relações na natureza para compreender o papel fundamental das Ciências Naturais nas decisões importantes sobre os problemas ambientais. Entretanto, um conhecimento profundo dessas relações só é possível mediante sucessivas aproximações dos conceitos, procedimentos e atitudes relativos à temática ambiental, observando-se as possibilidades intelectuais dos alunos, de modo que, ao longo da escolaridade, o tratamento dos conceitos de interesse geral ganhe profundidade.

(PCN,1998, p. 36)

São inúmeras as causas e conseqüências da poluição no planeta, a maior parte relacionada ao uso depredatório dos recursos naturais por intermédio de técnicas inadequadas. Cabe ressaltar que a poluição é uma questão global, pois atinge a dinâmica do planeta em seu equilíbrio. Por exemplo: os poluentes lançados no ar pela queima de combustíveis fósseis atingem a atmosfera e, por ação das chuvas, retornam à superfície terrestre, contaminando solos e águas. Estudos específicos sobre poluição requerem conhecimentos da Biologia, da Física e da Química. São interessantes para a abordagem contextualizada dos conceitos das Ciências nos ciclos finais do ensino fundamental.

(PCN, 1998, p.70)

### Ensino Médio

Inserir no ambiente escolar uma nova modalidade de pensamento, capaz de trazer aos alunos a possibilidade de compreensão de diferentes fenômenos é extremamente importante. Mayer (1995) sugeriu que tal objetivo pudesse ser conseguido por meio da aproximação aos sistemas da terra. Esta aproximação vê o mundo como um sistema, que consiste em quatro subsistemas centrais, a saber, o geoesfera, a hidrosfera, a atmosfera, e a biosfera (que incluiria seres humanos). Já para Compiani (2009), os seres humanos poderiam ser incluídos considerando-se outra esfera, a noosfera. Orion (2002) introduziu um modelo prático para usar a aproximação de sistemas da terra como uma estrutura para os currículos de ciências. Este modelo enfatiza o estudo dos ciclos geoquímicos e biogeoquímicos que incluem o ciclo da rocha, o ciclo da água, a cadeia alimentar, o ciclo de carbono, e ciclos da energia, e as inter-relações entre os diferentes subsistemas nos termos das transições da matéria e da energia de um subsistema a outro. Igualmente sugeriu-se que o estudo dos ciclos naturais devesse ser discutido no contexto de sua influência na vida cotidiana das pessoas.

Os PCNs destacam ainda como competência e habilidade da geografia no Ensino Médio: “Compreender as relações entre a preservação ou degradação da natureza em função do desconhecimento de sua dinâmica e a integração de seus elementos biofísicos”

No estudo de Biologia do Ensino Médio, os alunos deveriam possuir a capacidade de “traçar o circuito de determinado elementos químicos como o carbono, oxigênio e nitrogênio, colocando em evidencia o deslocamento desses elementos entre o mundo inorgânico (solo, água, ar) e o mundo orgânico (tecidos, fluidos, estruturas animais e vegetais);” ( PCN + 1998, p. 43).

E ainda, relacionar conceitos de Biologia com os de outras ciências, como os conhecimentos físicos e químicos, para entender processos como os referentes à origem e à evolução da vida do universo ou o fluxo da energia nos sistemas biológicos. (PCN + ,1998, p. 39).

Pode-se entender que, apesar de ser um referencial importante os PCN's e outros documentos oficiais não chegam na escola ou, quando chegam, sua incorporação no planejamento das aulas e das atividades escolares é muito restrita, tendo, o livro didático como sua principal fonte de consulta e orientação SOUZA, (1999).

Tenho como fonte de observação ainda, os materiais de apoio (livros didáticos) destinados a exploração e inserção do assunto na sala de aula, por entender que estes, apresentam discursos científico-tecnológicos em torno de uma determinada temática, são exibidas em livros didáticos, considerando a noção de versões em seu processo sócio-histórico de produção e circulação numa sociedade como a nossa.

Ao pensar a abordagem didática realizada na escola, pode-se ver que o tema mudanças climáticas pode ser abordado em diferentes disciplinas (é sem dúvida um tema interdisciplinar), mas quando observamos o estudo do o ciclo do carbono, podemos notar que ele é preferencialmente trabalhado no currículo de Ciências no ensino fundamental e Biologia já no Ensino Médio.

Em Ciências o PCN (1997), propõe o estudo do ambiente com a presença humana da seguinte forma:

No primeiro ciclo, os conteúdos pretendem uma primeira aproximação da noção do ambiente como resultado das interações entre seus componentes — seres vivos, ar, água, solo, luz e calor — e da compreensão de que, embora constituídos pelos mesmos elementos, os diversos ambientes diferenciam-se pelos tipos de seres vivos, pela disponibilidade dos demais componentes e pelo modo como se dá a presença do ser humano.

A observação direta ou indireta de diferentes ambientes, a identificação de seus componentes e de algumas relações entre eles, bem como a investigação de como o homem se relaciona com tais ambientes, permite aos alunos uma primeira noção e a diferenciação de ambiente natural e ambiente construído. Os seres vivos — animais e vegetais — destacam-se entre os componentes dos ambientes, estudando-se suas características e hábitos — alimentação, reprodução, locomoção — em relação ao ambiente em que vivem. É possível uma primeira aproximação ao conceito de ser vivo por meio do estudo do ciclo vital: nascimento, crescimento, reprodução e morte. Todos esses conteúdos também fazem parte do documento Meio Ambiente.

(PCN, 1997p. 47)

Desta forma, é aberta a “porta” para inserção do estudo do ciclo do carbono (e também de outros importantes ciclos) no material didático e nos estudos sobre o tema na escola, todavia ao observar os alicerces do currículo através deste resumo, adaptado do PCN de Ciências, pode-se notar que tais temas não são abordados:

### **Primeiro ciclo**

Conteúdos de Ciências Naturais para o primeiro ciclo

Ambiente

Ser humano e saúde

Recursos tecnológicos

Critérios de avaliação de Ciências Naturais para o primeiro ciclo

### **Segundo ciclo**

Ciências Naturais no segundo ciclo

Objetivos de Ciências Naturais para o segundo ciclo

Conteúdos de Ciências Naturais para o segundo ciclo

Ambiente

Ser humano e saúde  
Recursos tecnológicos  
Água, lixo, solo e saneamento básico  
Captação e armazenamento da água  
Destino das águas servidas  
Coleta e tratamento de lixo  
Solo e atividades humanas  
Poluição  
Diversidade dos equipamentos

Com o intuito de complementar minha observação, analisei algumas das coleções propostas pelo MEC através do PNLD 2011, que passam por análise de adequação antes da escolha dos professores, cabe ressaltar mais uma vez que estes livros são analisados pelo MEC, sob os seguintes critérios:

- I. Respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao Ensino Fundamental
- II. Ética e cidadania: observância de princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano
- III. Proposta pedagógica: coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela coleção, no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados
- IV. Conteúdo: correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos
- V. Projeto gráfico: adequação da estrutura editorial e do projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos da coleção

Os livros indicados e avaliados pelo PNLD/MEC se tornam referência quanto ao estudo de ciências em todo país. Como já foi colocado anteriormente, vemos em (ORLANDI, 1984; SOUZA, 1999) a grande importância dos livros didáticos como referenciais nas escolas, para eles, “os PCN’s e outros documentos oficiais não chegam à escola ou, quando chegam, sua incorporação no planejamento das aulas e das atividades escolares é muito restrita, tendo, novamente, o livro didático como sua principal fonte de consulta e orientação”.

Farei uma breve descrição da abordagem dos 05(cinco) livros mais escolhidos pelos professores que ministram ciências, no ensino fundamental<sup>13</sup>:

- **CIÊNCIAS autor: Fernando Gewandsznajder - Editora Ática, 2011.**

A coleção traz para o 6º ano do ensino fundamental a responsabilidade de trabalhar junto aos alunos as questões referentes aos seres humanos e o ambiente, vejamos:

Unidade I – Os seres vivos e o ambiente: o que a ecologia estuda; a teia alimentar; relações entre os seres vivos. Unidade II – As rochas e o solo: o Planeta por dentro e por fora; rochas e minerais; cuidando do solo; o solo e a saúde do corpo; o lixo; nossos recursos naturais. Unidade III – A água: os estados físicos da água; a qualidade da água; a água e a nossa saúde; aproveitando a pressão da água. Unidade IV – O ar: a atmosfera; de que é feito o ar; as propriedades do ar; a previsão do tempo; o ar e a nossa saúde. Unidade V – O Universo; estrelas, constelações e galáxias; o sistema solar; a Terra e seu satélite.

Ao observar com mais atenção a coleção (especificamente este volume) apesar de trabalhar os assuntos relacionados a ambiente e energia, trazendo o ciclo da água, em nenhum momento encontramos referência ao conhecimento sistêmico de nosso planeta e questões referentes ao ciclo do carbono, nem a aquecimento global e assuntos correlatos. Entendemos que o assunto não é abordado pela coleção, já que nos volumes subsequentes 7º ano é abordado à vida e classificação dos seres vivos, 8º ano organização do corpo humano, 9º introdução a física e química.

---

<sup>13</sup> Os livros não estão em ordem cronológica de escolha pelas instituições de ensino e professores.

- **CIÊNCIAS autor: Carlos Augusto da Costa Barros e Wilson Roberto Paulino Editora Ática. 2011.**

Esta coleção também trabalha de maneira tradicional os conteúdos organizados para o ensino fundamental de ciências, sendo assim em sua primeira unidade são trazidos os aspectos dos seres vivos e o ambiente, veja:

6º ano: Unidade I – Os seres vivos e o ambiente: Quanta vida na Terra; Onde a vida acontece; A transferência de energia e de matéria num ecossistema; As relações entre os seres vivos; A distribuição da vida na biosfera; Biomas brasileiros; O ser humano e o ambiente. Unidade II – A terra por dentro e por fora: Da superfície ao centro da Terra; As rochas; Minérios e Jazidas; O solo: piso, pátria e pão; Preservando o solo. Unidade III – A água no ambiente: A água e a vida; A água e seus estados físicos; Tratamento de água e esgoto para todos. Unidade IV – O ar e o ambiente: Atmosfera: a camada gasosa que envolve a Terra; A composição do ar; Propriedades do ar; A previsão do tempo. Unidade V – Desequilíbrios ambientais: A poluição ambiental; Lixo: problemas e soluções. Unidade VI – Universo – o ambiente maior: Universo: galáxias, estrelas, planetas, satélites...;O sistema solar. (256 p.)

Assim como na coleção apresentada anteriormente esta coleção não trabalha assuntos relacionados ao ambiente em seus volumes posteriores. Já no volume acima mostrado, é usada de forma indireta alguns elementos que compõe o sistema Terra através do estudo do ar, água, solos; na unidade V são trabalhados os desequilíbrios ambientais, dentro deste capítulo são trazidas as alterações do ambientes como chuva ácida, desmatamento, poluição do ar, águas e aquecimento global, apenas pela suposta causa antropogênica, porém destaque mais uma vez que não é tratado o ciclo do carbono, e nem sequer o carbono como elemento natural e importante do funcionamento do planeta; este é referido somente ao uso de combustíveis fósseis, utilizados pelo homem como agente modificador do ambiente.

- **CIÊNCIAS BJ– EDIÇÃO REVISTA E AMPLIADA** autores: **Marcelo Jordão; Nélío Bizzo** Editora do Brasil. 2011.

Apesar de ser uma coleção com uma abordagem muito tradicional do conteúdo, ela é uma das que apresentou uma melhor avaliação do MEC, como referência na abordagem de conteúdos, como as outras estudadas a questão do homem e ambiente só é trabalhada no volume destinado a 6ª série, veja:

6º Ano – Unidade I – Planeta Terra e Universo: O planeta Terra; O Universo. Unidade II – Água, Atmosfera e Solo: Água; Atmosfera; A terra em que pisamos.

Sobre o ciclo do carbono, a abordagem cíclica ou sistêmica dos elementos terrestres, esta coleção não faz qualquer referência, não aborda problemas ambientais com ou sem a participação humana, não fazendo alguma menção ao ciclo do carbono. Assim como as outras coleções observadas também não trabalha a questão nos volumes das séries subsequentes.

- **CIÊNCIAS NATURAIS** Autores: **Olga Santana; Aníbal Fonseca; Erika Mozena** Editora: **Saraiva Livresiros Editores**. 2011.

A coleção é composta por quatro livros, possui uma estrutura interna tradicional, assim como a organização dos temas a serem trabalhados em sala, porém a abordagem é apresentada de forma distinta. O livro destinado ao ensino da 6ª série é o incumbido de trabalhar junto aos alunos as questões de formação do planeta e a relação homem e natureza, como podemos ver no recorte a seguir:

6º Ano: Unidade I – Observando a Terra: Terra – forma e localização no espaço; Algumas características do nosso planeta; O jeito de ser e o lugar de cada um; O ciclo da vida; O pega-pega da natureza; Decompositores – começa tudo outra vez.

Repensando atitudes. Unidade II – As águas do planeta: De onde vem a água que circula no planeta?; O que não afunda nem dissolve flutua; Uma força misteriosa na água e no ar; Há água por perto; Água – usar bem para usar sempre. Unidade III – Investigando a Terra: O uso da Terra pelos seres humanos; Usando o solo e abusando dele; Solo, o sustento da vida; Outras formas de obtenção de alimentos; As buscas da humanidade. (320 p.)

Esta coleção apresenta uma particularidade por inserir neste volume e nos demais uma abordagem mais próxima do cotidiano e das ações humanas, neste volume é trabalhado o ciclo da vida (em que traz os diferentes ciclos – inclusive o do carbono) sem ligá-lo à interferência humana, é citado também quando na unidade III trabalha o uso da Terra pelos seres humanos, onde fala do desmatamento, uso dos recursos naturais e poluição, faz aí referência ao aquecimento global e o consumo de combustíveis fósseis porém não trabalha efetivamente o carbono.

Destaco aqui o trabalho nas demais unidades que buscam relacionar o conteúdo com as discussões cotidianas, como no volume II.

Unidade III – Investigando os fenômenos térmicos do dia a dia: Calor e temperatura; Calor – Fontes e meios de transmissão Temperatura – Efeitos e formas de medição; O calor e as características das substâncias; Alguns fenômenos atmosféricos.

Continua a abordagem sobre calor e as mudanças climáticas como fenômenos térmicos, relatam o fato, porém não evidenciam “culpados”.

Os outros volumes trazem assuntos ligados a Ciência Tecnologia e Sociedade, o que distingue a linguagem do livro dos anteriores.

- **CONSTRUINDO CONSCIÊNCIAS** Autores: Carmen Maria de Caro; Helder de Figueiredo e Paula; Mairy Barbosa Loureiro dos Santos; Maria Emília Caixeta de Castro Lima; Nilma Soares da Silva; Orlando Gomes de Aguiar Júnior; Ruth Schmitz de Castro; Selma Ambrosina de Moura Braga Editora Scipione. 2011.

A coleção é constituída por quatro livros relativos aos 6o, 7o, 8o e 9o anos, sendo que cada volume é organizado em unidades subdivididas em capítulos, possui uma estrutura e abordagem diferente das demais escolhidas como referencia pelo MEC, tem linguagem cotidiana e aborda e relaciona o conteúdo a ações humanas.

No volume destinado a 6ª série trabalho o conceito de ciclo:

6º ano: – Ciclos da vida: Vida de adolescente; O ciclo de vida de alguns animais e vegetais; Pelos caminhos da água – A diversidade dos materiais: Introdução ao estudo dos materiais; Materiais: propriedade e usos; O ar – que material é esse?; Os materiais se transformam – A diversidade da vida: Diferenças e semelhanças entre os seres vivos; Modos de ser e de viver dos vertebrados; Conhecendo os invertebrados; A diversidade das plantas; Nem bichos nem plantas – que seres são estes? – Nosso planeta Terra: Vivendo sobre uma Terra esférica. (264 p.)

Trabalha o ciclo dos diferentes elementos – incluindo o do carbono – destaca com importância o ciclo da água e de alguns gases (relata ainda a importante participação do carbono para a temperatura na terra e do efeito estufa benéfico) liga os conteúdos a existência de vida na Terra, este livro tem uma abordagem muito distinta dos conteúdos frente as demais coleções.

O Volume II continua o trabalho iniciado no livro anterior, principalmente por abordar a energia como elo fundamental na construção da vida e dos ambientes terrestres. Neste volume o aquecimento global é apresentado em um apêndice em que trabalha o uso de energia pelo homem, vejamos:

7º ano: – A diversidade de ambientes: A vida nos ambientes: fatores que favorecem a diversidade; Os ambientes da Terra – A Terra em transformação: Os solos e a vida; O fazer e refazer da natureza; A diversidade da vida através dos tempos – Energia e ambiente: Transformações de energia; O Sol e a vida na Terra – Lua, Sol e movimentos da Terra: A Terra e o céu em movimento; A Lua, nossa vizinha mais próxima – Ciência na cozinha: Receitas na medida certa; Produzindo e conservando alimentos. (248 p.)

O volume III é o único da coleção que não faz qualquer referência ao conceito sistêmico e ao carbono.

O volume IV assim como o da coleção anterior merece ser destacado por trabalhar de forma interessante conteúdos da Química e Física através de uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), algo distinto da maioria dos livros didáticos.

Mas o que podemos retirar destas observações?

Ao refletir sobre estes livros, se pode concluir que como referência ao ensino de ciências a abordagem na maioria deles ainda é excessivamente tradicionalista, não abrindo muito espaço para a interdisciplinaridade e compreensão de nosso planeta de forma totalitária em que todos seus elementos se complementam, alguns ainda trazem elementos da geologia e uma abordagem mais moderna a temas da química e física, porém, a maioria ainda peca ao não tratar nosso planeta de uma forma totalitária e integrada. Desta forma dificilmente o aluno consegue desenvolver a habilidade sistêmica ao tratar dos fenômenos naturais, como já observaram Silva e Boveloni (2009) analisando outros livros didáticos. Outro ponto de destaque, é que mesmo os PCN's trazendo como fundamental o estudo do ambiente e as ações humanas, as coleções apresentam grande dificuldade em associá-los, sendo assim impraticável o estudo do ciclo do carbono como integrante natural de nosso planeta e ou apenas mais um dos elementos que o compõem. Fica assim uma lacuna, na compreensão de fenômenos como aquecimento global ou aqueles que denotem um melhor conhecimento dos complexos acoplamentos de nosso planeta.

Mas se estes não são apresentados aos alunos do ensino fundamental através dos conteúdos estudados em ciências, o que dizer sobre o currículo e a abordagem da Geografia do ensino fundamental, onde se apresenta a possibilidade de complementar o estudos de fenômenos como os diferentes ciclos, a Terra como um sistema em que a presença do homem é uma importante constante, ou sobre uma possível viagem ao tempo geológico - conteúdo fundamental para que possamos entender nosso planeta e desenvolver a capacidade de questionamento-ferramentas fundamentais pra o desenvolvimento de uma argumentação crítica do aluno frente a fenômenos naturais. Estas são constantes possíveis, porém não usualmente encontrados na geografia (seja por livros didáticos ou professores) como veremos agora.

A Geografia tem como objeto de estudo o espaço geográfico e Milton Santos (2002 [1996]) propõem que o espaço geográfico é “formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá.” (p.63), considerando essa afirmação como premissa básica no estudo geográfico, intui-se que a geografia (em conjunto com as ferramentas das geociências) tem plena capacidade trazer ao aluno habilidades críticas pra a observação e conhecimento dos fenômenos naturais do nosso planeta.

Ao considerar que nosso tema de análise, liga-se ao meio ambiente, natureza e o homem, encontramos no currículo de Geografia do Ensino Fundamental a justificativa para o trabalho e

estudo das questões ambientais. O PCN (1998) de Geografia propõe um trabalho pedagógico que visa à ampliação das capacidades dos alunos do ensino fundamental de observar, conhecer, explicar, comparar e representar as características do lugar em que vivem e de diferentes paisagens e espaços geográficos, p 15.

Farei observações ao currículo proposto pelo PCN para o Ensino de Geografia no ensino fundamental (fiz uma adaptação, para tornar esta visualização mais compreensível e nos ater aos conteúdos propostos)

### **Primeiro ciclo**

Eixo 1: a Geografia como uma possibilidade de leitura e compreensão do mundo

A construção do espaço: os territórios e os lugares (o tempo da sociedade e o tempo da natureza)

A conquista do lugar como conquista da cidadania

Eixo 2: o estudo da natureza e sua importância para o homem

Os fenômenos naturais, sua regularidade e possibilidade de previsão pelo homem

A natureza e as questões socioambientais

Eixo 3: o campo e a cidade como formações socioespaciais

O espaço como acumulação de tempos desiguais

A modernização capitalista e a redefinição nas relações entre o campo e a cidade

O papel do Estado e das classes sociais e a sociedade urbano-industrial brasileira

A cultura e o consumo: uma nova interação entre o campo e a cidade

Eixo 4: a cartografia como instrumento na aproximação dos lugares e do mundo

Da alfabetização cartográfica à leitura crítica e mapeamento consciente

Os mapas como possibilidade de compreensão e estudos comparativos das diferentes paisagens e lugares

### **Segundo Ciclo**

Eixo 1: a evolução das tecnologias e as novas territorialidades em redes

A velocidade e a eficiência dos transportes e da comunicação como novo paradigma da globalização

A globalização e as novas hierarquias urbanas

Eixo 2: um só mundo e muitos cenários geográficos

Estado, povos e nações redesenhando suas fronteiras

Uma região em construção: o Mercosul  
Paisagens e diversidade territorial no Brasil  
Eixo 3: modernização, modo de vida e a problemática ambiental  
O processo técnico-econômico, a política e os problemas socioambientais.  
Alimentar o mundo: os dilemas socioambientais para a segurança alimentar  
Ambiente urbano, indústria e modo de vida  
O Brasil diante das questões ambientais  
Ambientalismo: pensar e agir

Pode-se concluir rapidamente que o currículo proposto pelo MEC através do PCN, que a geografia tem inúmeras oportunidades de abordar e promover o estudo do sistema terra com a presença humana, levantar questionamentos sobre fenômenos como o aquecimento global e seus acoplamentos, compreender as questões relacionadas ao carbono.

O primeiro ciclo apresenta nos eixos 1 e 2 uma grande capacidade de introdução aos alunos os conteúdos ligados aos fenômenos naturais, ciclos, tempo geológico e a participação do homem na transformação do ambiente.

Já o segundo ciclo o eixo 3 dirige-se diretamente a questões socioambientais, podendo ser utilizado integralmente para o estudo das questões em que haja discursos ambientais ligados ao homem. Cabe agora uma ressalva já que o currículo mostrado acima apresenta o aporte necessário para o estudo do sistema Terra, será que ele efetivamente acontece e se apresenta nos livros didáticos?. Consideramos mais uma vez que estes são os expoentes dos documentos oficiais (currículo) considerado ideal para a aprendizagem e formação dos alunos.

Para desenvolver uma breve percepção desta problemática observei as 5<sup>14</sup> (cinco) coleções mais bem avaliadas segundo o PNLD 2011, tentando encontrar nestas, se os conceitos propostos pelo PCN estão presentes, vejamos:

---

<sup>14</sup> Os livros não apresentam uma ordem cronológica de apresentação.

- **GEOGRAFIA Autor Melhem Adas Editora Moderna. 2010**

Apresenta uma estrutura muito tradicional em sua organização de conteúdo e apresentação dos mesmos. A coleção é composta por quatro volumes (6º, 7º, 8º e 9º anos), cabendo principalmente ao volume I destinado ao 6º ano um maior contato do aluno com as questões sobre natureza e ambiente, destaco que a abordagem feita pelos textos e conteúdos ligam-se muito a conteúdos da geografia humana especificamente a geopolítica, como podemos ver em sua estrutura organizacional:

**6º ano (256 páginas, 3 unidades):** Espaço e tempo; A natureza e o trabalho e o consumo humanos; O aproveitamento econômico do espaço e as condições naturais.

**7º ano (256 páginas, 3 unidades):** A produção do espaço geográfico brasileiro; Brasil: da sociedade agrária para a urbano-industrial (economia e espaço geográfico); O território brasileiro e as condições ambientais.

**8º ano (256 páginas, 2 unidades):** A formação dos mundos subdesenvolvidos e desenvolvidos; O mundo subdesenvolvido.

**9º ano (296 páginas, 5 unidades):** Panorama do mundo atual: geopolítica, economia e desafios globais; Europa: integração, desigualdades e conflitos regionais; Rússia e CEI: As potências americanas do Atlântico Norte; As grandes economias da Ásia-Pacífico e da Oceania.

Em seu primeiro volume mais ligados às condições naturais, trazem reflexões sobre o relevo, o uso do solo na agricultura e a transformações das paisagens e atividades humanas.

Em uma observação mais apurada vemos que a unidade III deste volume é dedicada a natureza e o trabalho e o consumo humanos e segundo o mesmo busca “levar o aluno a aprender que os elementos da natureza são independentes e que, se alterarmos um deles, todo o conjunto será alterado.” são abordadas as causas naturais e humanas das alterações na natureza como exemplo traz a poluição do ar por fábricas e dos rios pelo esgoto, faz menção ao conjunto Terra ao citar o ciclo da água como exemplo de que uma desordem causa danos em vários níveis, apesar da abordagem destaco que não há nenhuma citação ao ciclo do carbono, ao aquecimento global e as mudanças climáticas, nem mesmo no capítulo destinado ao estudo as transformações sociais e impactos ambientais das revoluções industriais, há o relato de vários tipos de poluição

mas, novamente o aluno não conseguirá entender a Terra e seus acoplamentos de maneira sistêmica e realizar o estudo dos ciclos vitais de nosso planeta – dentre eles o ciclo do carbono.

É somente no volume II capítulo 12 destinado ao estudo das fontes de energia há relato do efeito estufa como consequência do uso de combustíveis não renováveis, é destacado que este uso libera CO<sub>2</sub> ao ambiente e este causa o efeito - estufa apresentando a explicação do fenômeno e suas consequências, de maneira bem catastrofista – e apesar de não colocado o homem como agente direto, o problema é colocado como atual (não traz temporalidade) necessitando de ações urgentes. O ciclo do carbono, porém não é citado em sua constituição e importância natural para a formação do planeta.

Os outros volumes da coleção não fazem qualquer menção ao assunto.

- **GEOGRAFIA CRÍTICA Autores: José William Vesentini, Vânia Vlach, Editora Ática.2010.**

Apresenta conteúdos apoiados nos conceitos de lugar, natureza, espaço geográfico e território, o eixo norteador da obra está calcado na hierarquização escalar dos espaços, progredindo do mais próximo para o mais distante, é tradicionalmente uma coleção muito ligada a conteúdos econômicos e políticos, apresenta também seu particionamento de conteúdos de forma tradicional, veja:

**6º ano (232 páginas, 5 unidades):** Paisagem, lugar e espaço geográfico; Rumos, coordenadas, mapas; A Terra é assim; As esferas da Terra; Alerta global.

**7º ano (232 páginas, 5 unidades):** Brasil: território e sociedade; Brasil: economia e comércio exterior; Brasil: utilização do espaço; Brasil: paisagens naturais e ação da sociedade; Brasil: diversidades regionais.

**8º ano (296 páginas, 4 unidades):** Como regionalizar o espaço mundial? ; América Latina; África; Ásia.

**9º ano (240 páginas, 6 unidades):** Europa; Comunidades de Estados Independentes; América Anglo-Saxônica; A superpotência do Oriente; A Oceania industrializada; A Geografia do século XXI.

Mais uma vez cabe ao primeiro volume se dedicar na explicação do espaço natural e a ação humana, neste volume tem um capítulo (a unidade V) denominado alerta global que assim se inicia: “nesta unidade vamos estudar a relação destrutiva que o ser humano, cada vez mais, vem estabelecendo com a biosfera.” De antemão nota-se que a relação homem – natureza é abordada no livro, mas como é feita esta abordagem? É interessante ressaltar que esta abordagem traz o estudo dos problemas ambientais focadas nas esferas terrestres, dando ênfase à biosfera fazendo uma comparação a um organismo, onde o planeta se apresenta como um ser integrado aproximando-se muito de uma abordagem sistêmica tendo surpreendido por esta “forma de pensar” não é muito usada em livros didáticos.

Outro ponto importante é abordagem do tempo geológico, ele é utilizado para explicar a formação e os fenômenos que ocorrem na biosfera, realça como exemplo o desaparecimento dos dinossauros, a movimentação das placas tectônicas entre outros fenômenos, dedicando-se a dizer que nosso planeta já foi muito mais inóspito do que atualmente. Ao retomar os problemas ambientais como efeito estufa e aquecimento global – fala também do buraco na camada de ozônio – faz uma ligação com a revolução industrial e o avanço mundial do capitalismo e consumo, declarando que as mudanças ambientais decorrem diretamente das ações humanas sobre o ambiente natural.

O tema aquecimento global e efeito estufa é abordado com grande destaque (apresenta muitos gráficos e figuras) explica o fenômeno reafirmando com várias fontes (inclusive o IPCC) e tabelas que o aquecimento está intimamente ligado ao aumento do acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, elencando as consequências catastróficas caso este aumento persista. Coloco que apesar da abordagem de “destruição” a coleção se destacou por levantar o tema, tentar abordá-lo através de um estudo sistêmico, utilizando a ferramenta do tempo geológico pra explicação, mas é determinante o uso do homem como destruidor da natureza e mais uma vez o ciclo do carbono não é mostrado como uma agente natural do planeta e que sua variação já ocorreu em outros períodos ou que existem reservatórios e acoplamentos importantes para sua variação na atmosfera, sendo assim o conteúdo é apresentado de maneira quase inquestionável ao aluno.

Nas coleções subsequentes o assunto é abordado no volume destinado a 7ª série (não aparecendo mais nos livros dos outros anos), a abordagem feita é a mesma sendo o tema encontrado quando é feito o estudo da revolução industrial e industrialização.

- **GEOGRAFIAS DO MUNDO Autor: Diamantino A C Pereira e Marcos B Carvalho, Editora FTD. 2011**

A coleção está organizada para que os temas de estudo e os conteúdos dos diferentes volumes tenham inter-relação o que a diferencia das coleções mais tradicionais, a partir desta perspectiva o estudo de um tema não se esgota em um determinado ano, promovendo-se o aprofundamento do conhecimento na medida em que o aluno avança nos ciclos de aprendizagem.

Apesar do modelo adotado os temas relacionados ao carbono, aquecimento global ou fenômenos ambientais só são abordados nos volumes destinados ao 6º e o 7º anos, como podemos ver a seguir:

**6º ano (175 páginas, 10 capítulos):** O lugar da Geografia; A complexa geografia dos lugares; Histórias e geografias que os lugares revelam; Os ambientes produzidos pelos seres humanos; A geografia física dos ambientes terrestres: clima e vegetação; A geografia física dos ambientes terrestres: água e relevo; As imagens, os lugares e os mapas; A vida no planeta Terra; A diversidade garante a existência da vida; Terra: espaço físico e território político.

**7º ano (239 páginas, 12 capítulos):** Formação do território e da geografia do Brasil; Paisagens do Brasil: espaço rural e urbano; Metrôpoles, cidades e rede urbana no Brasil; O espaço do campo brasileiro; O campo e a questão da terra no Brasil; Geografia da população brasileira; O território brasileiro e a dinâmica regional; Biodiversidade e questão ambiental no Brasil; Geografia da indústria, comércio e serviços; Geografia da energia; Uma geografia das diferenças; Vínculos planetários da geografia do Brasil.

**8º ano (256 páginas, 10 capítulos):** A Terra e a geografia de suas fronteiras; A Terra, o Sol, os tempos e suas fronteiras; A geografia das culturas e suas fronteiras; Os complexos geográficos e suas fronteiras; As integrações e desintegrações americanas; As articulações e desarticulações européias; O Oriente Médio e a Ásia Central; A Índia, a China, o Japão e os Tigres Asiáticos; A África; A Oceania e a Antártida.

**9º ano (216 páginas, 6 capítulos):** Idéias, mapas e mundos; Globalização, tecnologia e empresas multidimensionais; O espaço dos governos mundiais; Um mundo de populações; Questão ambiental, questão mundial; Viver na cidade, viver em rede.

No volume inicial existe uma ampla abordagem dos temas naturais que se inicia com o processo de formação do nosso planeta (formação do sistema solar) e construção e transformação da Terra (mostrando o processo de resfriamento das camadas do planeta – crosta, manto e núcleo), é trazido ainda informações sobre a tectônica de placas e a formação do relevo. É importante destacar que a abordagem encontrada não é muito usual, sendo que muito dos assuntos ali presentes são trazidos aos alunos apenas superficialmente, e por muitas vezes (principalmente em coleções mais tradicionais) não é abordado, outro ponto relevante é a exposição de uma escala de tempo ampla com a apresentação de uma régua de tempo geológico, com acontecimentos e fenômenos, algo que – como mostrado em nosso referencial metodológico – são fundamentais para o entendimento de fenômenos naturais, tanto para sua compreensão quanto entendimento do funcionamento e estrutura de nosso planeta.

Como continuidade do capítulo apresenta-se o estudo de um tópico denominado *Terra: complexo biológico, físico e humano*, onde são apresentados os aportes que permitem a vida tanto vegetal como animal em nosso planeta, é colocada a importância gases atmosféricos para estrutura da vida e o carbono é colocado em destaque neste processo, porém ressaltando que em comparação a outros planetas se os níveis de carbono forem muito superiores aos atuais extingui-se a possibilidade de vida como conhecemos. Apesar da colocação o **ciclo** do carbono como elemento natural do planeta não é citado.

Outros referenciais importantes deste volume é a abordagem dada ao processo de fotossíntese e a energia no planeta onde são abordados os fenômenos como fundamentais para a formação da vida e da biogeografia terrestre, é colocado ainda mais adiante uma discussão sobre os problemas ambientais – causados principalmente pela ação antrópica – tais como mudanças climáticas globais, efeito estufa, ilhas de calor, entre outros.

Já o próximo volume (7<sup>o</sup> série) destinado ao estudo do território brasileiro aborda as questões ambientais quando se refere ao estudo da região norte do Brasil referindo-se diretamente ao desmatamento da Amazônia, sua função como reguladora de clima e temperatura e importante bioma. Em outro momento quando o volume traz o estudo das matrizes energéticas brasileiras o consumo de combustíveis fósseis tem como consequência a elevação de CO<sub>2</sub> no ambiente e o consequente aumento das temperaturas globais, propondo a necessidade de alteração da matriz energética brasileira.

Nos outros volumes da coleção o tema não é abordado.

- **PARA VIVER JUNTOS – GEOGRAFIA** Fernando dos Santos Sampaio, Marlon Clovis de Medeiros, Vagner Augusto da Silva, Júlia Cossermelli de Andrade Edições SM. 2010

É uma coleção com uma sequência muito tradicional na abordagem do conteúdo de geografia, é apresentada em quatro volumes indicadas as séries do ensino fundamental. Quanto a sua abordagem tem muito maior ligação aos temas geopolíticos e econômicos, mas em seu primeiro volume destina algumas páginas à interação homem e ambiente e fenômenos naturais. Vejamos a síntese de sua estrutura:

**6º ano (224 páginas, 9 capítulos):** Paisagem e Lugar; Orientação e localização; Interpretação cartográfica; O planeta Terra; A crosta terrestre; Formação e modelagem do relevo terrestre; A hidrosfera terrestre; A atmosfera terrestre; A biosfera.

**7º ano (272 páginas, 9 capítulos):** Território brasileiro; A população brasileira; Trabalho, consumo e sociedade; Brasil rural; Indústria; A urbanização brasileira; As regiões Sudeste e Sul; As regiões Norte e Centro-Oeste; Região Nordeste.

**8º ano (240 páginas, 9 capítulos):** Mundo atual: população e meio ambiente; Mundo atual: um mundo de diferenças; Mundo atual: globalização; América: aspectos naturais e ocupação; América: população; América: contrastes no desenvolvimento; África: um continente de contrastes; África: desenvolvimento econômico; África: população e urbanização.

**9º ano (256 páginas, 9 capítulos):** Características físicas e naturais da Europa; Europa: aspectos econômicos; A população européia; Urbanização européia; Ásia: aspectos gerais; O Leste e o Sudeste Asiático; Ásia Central e Meridional; Oriente Médio; Oceania.

No livro destinado ao 6º ano apesar de abordar alguns aspectos naturais, se dedica muito a cartografia e a orientação, encontramos somente a partir do 5º capítulo quando se traz o estudo da crosta terrestre, têm-se informações sobre a estrutura interna da Terra e a separação dos ambientes terrestres – litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera – pode-se localizar informações sobre a formação de nosso planeta e seus recursos, dentre eles os não renováveis aqui tratados como combustíveis fósseis. Neste contexto é trazido o carvão mineral, petróleo, gás natural como fonte de riqueza econômica utiliza-se do viés econômico, não são trabalhadas as questões ambientais referentes ao assunto.

É somente no capítulo seguinte quanto tratado os assuntos referentes à atmosfera terrestre é abordado a poluição atmosférica e suas consequências, com a inversão térmica, a destruição da camada de ozônio, e o efeito estufa (aquecimento global antropogênico concomitantemente) explicando intensamente quais consequências do fenômeno derretimento das calotas polares, secas, furacões, etc... A explanação é seguida por uma lista de recomendações para diminuição do problema como o uso de energia “limpa” entre outras. Assim como em outras coleções não há abordagem ao ciclo do carbono nos demais volumes.

- **PROJETO ARARIBÁ– GEOGRAFIA Sonia Cunha de Souza Danelli Editora Moderna**

Das coleções observadas quanto ao nosso objeto de pesquisa até o momento, esta coleção apesar de muito bem conceituada no PNLD (consequentemente pelo PCN), é a que menos trabalhou as questões ambientais e naturais em seus volumes. Tem uma estrutura conceitual muito tradicional e hierárquica como podemos ver:

**6º ano (216 páginas, 8 unidades):** A Geografia e a compreensão do mundo; O Planeta Terra; Os Continentes, as Ilhas e os Oceanos; Relevo e Hidrografia; Clima e Vegetação; O Campo e a Cidade; Extrativismo e Agropecuária; Indústria, Comércio e Prestação de Serviços.

**7º ano (216 páginas, 8 unidades):** O Território Brasileiro; A População Brasileira; Industrialização e Urbanização do Brasil; Região Norte; Região Nordeste; Região Sudeste; Região Sul; Região Centro-Oeste.

**8º ano (216 páginas, 8 unidades):** Geografia e Regionalização do Espaço; A Economia Global; O Continente Americano; A População e a Economia da América; A América do Norte; América Central, América Andina e Guianas; América Platina; O Brasil.

**9º ano (240 páginas, 8 unidades):** Países e conflitos mundiais; Globalização e organizações mundiais; O Continente Europeu; Leste Europeu e CEI; O Continente Asiático; Ásia: destaques Regionais; O Continente Africano; Oceania e Regiões Polares

Observa-se que seu primeiro volume apresenta o estudo há alguns fenômenos naturais, como a hidrografia, o relevo, e o clima, mas dentro deste contexto somente no capítulo destinado ao estudo da origem da Terra é que o aluno pode ter contato com a escala de tempo geológica

promovida por uma régua em que os principais eventos da formação de nosso planeta são retratados, anunciando ainda as estrutura interna da terra e a formação dos ambientes terrenos (atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera), iniciando alguma ligação sistêmica entre os fenômenos naturais, dentro deste conteúdo o volume traz ainda a movimentação das placas tectônicas e a teoria da deriva continental.

È importante ressaltar que não foi encontrado em nenhum momento (nem mesmo quando abordado as diferentes formas de poluição e degradação ambiental) referência ao ciclo do carbono, aquecimento global, ou assuntos correlatos.

Ao observar as coleções acima podemos concluir que há na Geografia do Ensino Fundamental, grande gama de ferramentas que possibilitem a efetivação do estudo do ciclo do carbono através de conceitos implícitos na geografia como a teoria de sistemas, o desenvolvimento do pensamento de tempo (utilizando-se do tempo geológico), observando de maneira crítica a relação do homem com a natureza. Mas se há esta possibilidade porque na maioria das vezes ela não é explorada, nem nos livros didáticos, nas referências e outras fontes e até mesmo nas avaliações?

#### **4.2.1 Ciclo do Carbono no Ensino Médio**

Com a finalidade de compreender e textualizar a abordagem do ciclo do carbono no Ensino Médio, inicialmente observei o PCN+ de ensino médio, onde pude constatar que dentro do currículo de Biologia, particularmente junto ao estudo de Ecologia, encontramos a fundamentação para o estudo dos diferentes ciclos – dentre eles o ciclo do carbono.

Segundo o PCN + Ensino Médio (2000), o conteúdo de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, devem ser abordados da seguinte forma:

A aprendizagem das Ciências da Natureza, qualitativamente distinta daquela realizada no Ensino Fundamental, deve contemplar formas de apropriação e construção de sistemas de pensamento mais abstratos e re-significados, que as trate como processo cumulativo de saber e de ruptura de consensos e pressupostos metodológicos. A aprendizagem de concepções científicas atualizadas do mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas é finalidade da área, de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica e tecnológica, como atividades

institucionalizadas de produção de conhecimentos, bens e serviços.  
(PCN + Ensino Médio, 2000, p. 20).

Com o intuito de investigar esta abordagem, e compreender quais são os discursos mais difundidos e utilizados nas escolas e na sala de aula, faremos isso através da análise de definições do ciclo do carbono escolhidas em materiais didáticos amplamente difundidos nos meios escolares.

Ao iniciar minha observação aos materiais didáticos e o currículo destinado ao Ensino médio e mais precisamente a disciplina de Biologia pude notar que **todos** os materiais mais recomendados pelo PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, implantado em 2004 pelo MEC, tem como objetivo distribuir livros didáticos (inicialmente eram somente os livros de Português e Matemática) a alunos do Ensino Médio e orientar para a escolha dos livros adotados pela escola, trazem em suas coleções (volumes) destinados ao estudo da Biologia especificamente em ecologia (promovido geralmente no 3º ano do Ensino Médio) o estudo dos ciclos da matéria e da energia, podemos encontrar neste contexto os diferentes ciclos naturais, dentre eles: ciclo do carbono, ciclo do fósforo, da água, o enxofre, do nitrogênio. Devo salientar que esta abordagem ou a apresentação do conteúdo deve ser regimentado pelo PCN+ Biologia (1998) proposto pelo MEC, que diz:

O aprendizado da Biologia deve permitir a compreensão da natureza viva e dos limites dos diferentes sistemas explicativos, a contraposição entre os mesmos e a compreensão de que a ciência não tem respostas definitivas para tudo, sendo uma de suas características a possibilidade de ser questionada e de se transformar. Deve permitir, ainda, a compreensão de que os modelos na ciência servem para explicar tanto aquilo que podemos observar diretamente, como também aquilo que só podemos inferir; que tais modelos são produtos da mente humana e não a própria natureza, construções mentais que procuram sempre manter a realidade observada como critério de legitimação.

(PCN + Biologia, 1998, p. 14)

Com o intuito de verificar como se dá esta abordagem e como estes livros didáticos expõem o estudo do ciclo do carbono – já que como mostrado anteriormente, isto se dá de formas muito diferentes – localizei alguns destes materiais recomendados pelo PNLEM, e amplamente utilizados no estudo de Biologia do Ensino Médio, dentre eles:

1. ADOLFO, A.; CROZETA, M.; LAGO, S. *Biologia*. IBEP. Instituto Brasileiro, São Paulo, SP. 2004, v. único.
2. AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. *Fundamentos da biologia moderna*. Moderna, São Paulo, SP. 2004, v. único.
3. CARVALHO, W. *Biologia em foco*. FTD, São Paulo, SP. 2002, v. único.
4. CÉSAR E SEZAR. *Biologia, Genética-Evolução-Ecologia*. São Paulo Ed.Saraiva.2006.
5. CHEIDA, L. E. *Biologia integrada*. FTD, São Paulo, SP. 2003. v. 1, 2 e 3.
6. LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia: Série Brasil. Ática*, São Paulo, SP. 2003, v. único.
7. LOPES, S. *Bio: 1ª Edição*, São Paulo: Saraiva, São Paulo, SP. 2005, v. único.
8. MERCADANTE, C; FAVARETTO, J.A. *Biologia*. Moderna, São Paulo, SP. 2004, v. único.
9. SILVA JR, C. Da; SASSON, S. *Biologia*. Saraiva, São Paulo, SP. 2003, v. único.
10. UZUNIAN, A.; BIRNER, E. *Biologia*. Harbra, 2004, v. único.

Assim como no material de ciclo fundamental há inúmeras abordagens e referências no estudo dos ciclos, em especial o do ciclo do carbono, tornando a reflexão do assunto diversa, o que por si já é um tema controverso com inúmeras variáveis, situação só amplificada por uma abordagem tão segmentada na escola e nos livros didáticos.

Com o intuito de promover um melhor entendimento desta abordagem farei a análise (através das ferramentas da Análise do discurso) de dois destes materiais (definições mais utilizadas e escolhidas por professores e escolas, tentando assim entender quais são as escolhas e a abordagem realizada por estes livros, refletindo sobre os sentidos trazidos e produzidos por esta abordagem do ciclo do carbono.

### 4.3. Compreendendo sentidos na escrita

A escolha de nossa definição de análise se deu após observar inúmeros livros didáticos e materiais de apoio, onde muitas representações de ciclo do carbono foram mostradas. Ao escolhermos uma definição me ative principalmente a abrangência do material, já que as duas concepções analisadas a seguir representam um alcance gigantesco no número de estudantes que a utilizam, sendo a primeira do material distribuído pelo Estado de São Paulo a toda rede estadual de Ensino, e a segunda o livro com o maior número de vendas (e escolha no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio -PNLEM) do Brasil.

#### A análise:

- ✓ Definição Escrita Ensino Fundamental

#### *O ciclo do carbono*

*Raul Borges Guimarães*

*O Carbono é um elemento químico em abundancia na Terra, fazendo parte da constituição da grande maioria dos elementos terrestres. Ele está na água, na terra, nos seres vivos e no ar. Rochas e outros sedimentos têm toneladas de carbono armazenadas. Com a queima de combustíveis fósseis, parte do carbono armazenado nas rochas tem sido expelida para a atmosfera na forma de gás carbônico.*

*A principal fonte de absorção do carbono é a fotossíntese realizada pelas plantas, principalmente das florestas e das existentes nos oceanos. Enquanto as plantas absorvem carbono, vários outros processos são responsáveis pela sua emissão na atmosfera, como a fumaça das chaminés das fábricas e dos automóveis, as queimadas das florestas e erupção vulcânica e a respiração dos seres vivos. O desenvolvimento da pecuária é outro processo de acirramento da emissão de carbono na atmosfera.*

*Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.*

(Texto extraído do caderno de aprendizagem de Geografia EF, 7ª. Série- volume 2, pg. 08 de 2009)

A definição acima descrita integralmente ao original é apresentada em material de apoio da 7ª. Série do Ensino Fundamental II, caderno do aluno vol. II, 2009 do Estado de São Paulo e distribuído a alunos da rede de ensino do Estado. A definição acima apresentada para o ciclo do carbono foi elaborada exclusivamente para o material.

Inicia-se trabalhando Carbono como elemento abundante no planeta por fazer parte de vários elementos terrestres, elencando-se a seguir os mesmos, porém destacando as rochas e outros sedimentos (não denominando quais seriam os outros sedimentos), como principal fonte de armazenamento do elemento. Após esta breve introdução destaca que grande parte do carbono retido nas rochas tem retornado a atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis.

O texto nos coloca que o Carbono é (grifo da autora da análise) um elemento químico *abundante* na Terra, ou seja, ele afirma e evidencia a naturalidade do elemento em questão como sendo parte constituinte de nosso planeta, portanto “se” ele é *abundante* e natural em nosso meio pode-se interpretar que ele sempre esteve/está presente de diferentes maneiras na biosfera terrestre. Considerando esta informação com veracidade, porque somente nos tempos atuais consideramos o Carbono como um elemento ruim ou um fator degradante do sistema terrestre? Por que o sentido mais usado deste elemento pelos meios midiáticos tem sido o de catástrofe ambiental, através do aquecimento de nosso planeta, sendo que segundo a própria definição o carbono é natural, sempre esteve presente em nosso planeta, e o processo de aquecimento já ocorre a milhões de anos, antes da queima de combustíveis fósseis e da presença humana?

Inicialmente podemos dizer que a principal informação trazida pelo texto por esta definição é a de que o Carbono é um elemento químico do nosso planeta, ou seja, se consideramos a formação do nosso planeta os elementos que hoje se fazem presentes, estão na composição original da estrutura terrestre, porém cabe aqui uma reflexão sobre estes elementos naturais que faziam parte da composição de nosso planeta, já que não se pode definir com extrema certeza qual a quantidade e a composição de nosso planeta – em sua origem - quando e como ocorreu mudança neste elemento, para que ele “deixasse” de existir em quantidade natural, como é colocado por inúmeros meios e destacado por relatórios ambientais como o IPCC, e refletindo também sobre a classificação usual que se faz dos elementos, como uma questão de estudo e entendimento químico.

Outro item importante nos remete à presença de palavras que denotam intensidade (todos grifos da autora da análise, para melhor observação), vejamos: “*O Carbono é um elemento químico em **abundância** na Terra, fazendo parte da constituição da **grande maioria** dos elementos terrestres.*” O interprete pode observar aqui a importância do carbono para sustentação do sistema terrestre uma vez que o texto destaca de diferentes maneiras em grau elevado a presença maciça em que o elemento é encontrado sempre em grande quantidade **por** estar

presente em vários elementos terrestres; Ao destacar esta grande presença o texto não faz qualquer menção às alterações do gás no sistema terrestre não denotando qualquer modificação em sua quantidade frente à presença humana, contradizendo um discurso muito presente na mídia atualmente, onde se destaca o aumento de gás carbônico por interferência antropogênica.

Ao exemplificar estes os elementos do qual o gás carbônico faz parte o texto prossegue: “*Ele está na água, na terra, nos seres vivos e no ar.*” Sendo assim, novamente é reafirmada a presença do carbono como “natural” do planeta e item fundamental na formação do sistema terrestre tal qual conhecemos e faz parte de toda cadeia e estrutura original do planeta; Causa certa estranheza, porém a maneira como é colocado sua presença no ambiente através dos “**elementos terrestres**” (grifo da autora). Mas o que viriam a ser elementos terrestres? Existe este conceito? Essa determinação? O texto coloca como **elementos terrestres** a água, terra, seres vivos e ar, ou seja elementos terrestres, são TODOS os elementos presentes em nosso planeta? Torna então a presença do carbono indispensável e intrínseca a construção de tudo no sistema terrestre.

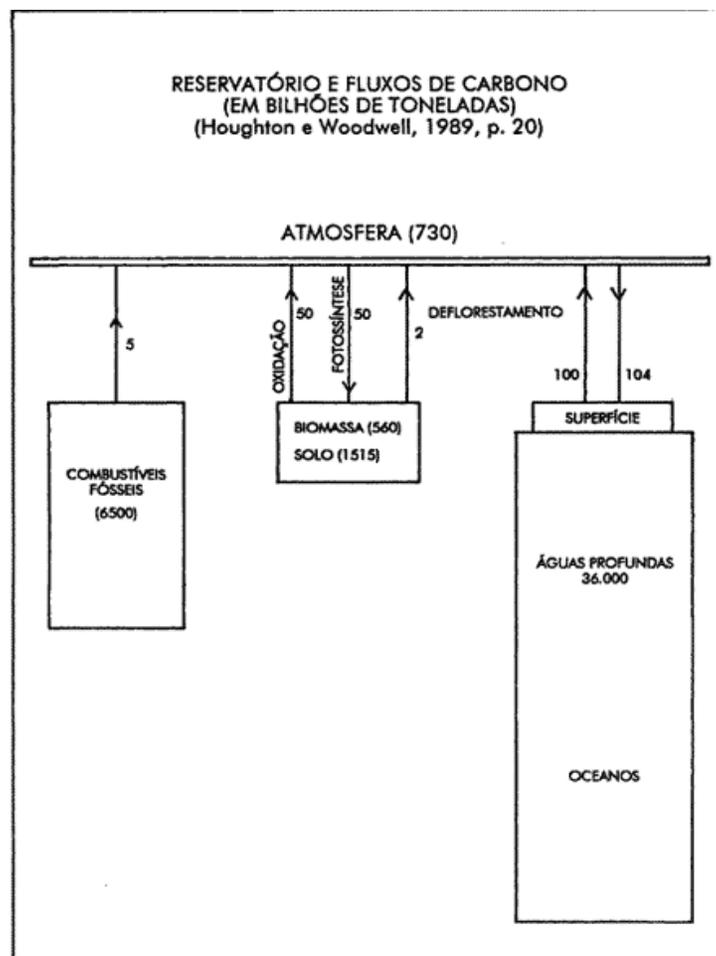
A definição traz em seguida, algumas informações sobre os reservatórios naturais em que há a presença de carbono (água, terra, seres vivos e ar), Destacando porém, que os principais reservatórios são as rochas e os sedimentos. Podemos notar que o texto se contradiz ao dizer que praticamente tudo tem e depende de carbono (definido acima como elementos terrestres), pois se há esta grande presença em grande quantidade em todos os lugares, como trabalhar com reservatórios e/ou depósitos? Não é de se esperar que ele esteja em tudo?

Finalizando a primeira parte de apresentação ao tema a definição traz uma informação sobre os depósitos de carbono, “*Rochas e outros sedimentos têm toneladas de carbono armazenadas*” ao trazer esta afirmação o texto não apresenta como informação adicional quais os tipos de rochas apresentam uma maior quantidade de carbono em sua composição, como se dá a formação destas rochas, subtende-se que **qualquer** rocha é capaz de armazenar carbono e ignorando que sua formação e posterior depósito e/ou armazenamento faz parte de um ciclo complementar ao ciclo do carbono chamado ciclo das rochas, em sequência ainda é trabalhado como reservatório de carbono - *outros sedimentos* - sem trazer o que seriam os mesmos (será que todo mundo sabe o são sedimentos? Terra, poeira, areia?) e que novamente este item se relaciona ao complexo ciclo das rochas.

Entendemos que o leitor desta definição que não tenha algum conhecimento prévio poderiam simplesmente entender que as pedras e a poeira (que apareceram do nada) são reservatórios de carbono, e mais, achar que os reservatórios de carbono são iguais e contribuem da mesma maneira para o equilíbrio do sistema terrestre, Podemos ver em (Berner e Lasaga 1989, p. 58) “Que o carbono distribui-se na natureza da seguinte forma: 0,06% na atmosfera, oceanos, plantas e animais; 99,94% nas rochas e sedimentos oceânicos. /.../ Pode-se perceber que a maior parte do carbono na Terra está estocado nas camadas geológicas e nos sedimentos oceânicos e está sob a forma de carbonatos, de carvão e de petróleo.”

Vejamos a figura a seguir, que mostra os reservatórios de carbono e os fluxos do mesmo entre esses reservatórios:

**Figura 4.9:** Reservatório e Fluxos de Carbono



Fonte: Estudos Avançados.vol.4 no.9 São PauloMay/Aug.1990

Com a observação da figura acima já é possível notar que os oceanos são responsáveis por reter a maior quantidade de carbono( 36.000 bilhões de toneladas), e que o retorno do elemento ao ambiente através dos combustíveis fósseis não é tão grande quanto se tem divulgado amplamente pelos meios midiáticos (cerca de 6.500 bilhões), podemos concluir à primeiro momento que a intervenção humana através do uso e exploração dos combustíveis fósseis não é a priori a responsável pelo tão divulgado desequilíbrio do ciclo do carbono, principal causa do aquecimento global.

Sabe-se que todos os processos naturais de nosso planeta são mantidos se maneira sistêmica, como é o caso do ciclo da água, nitrogênio, fósforo, das rochas entre outros. A possibilidade de uma compreensão integrada da Terra e de seus ciclos se torna muito distante frente a um currículo educacional particionado em que disciplinas isoladas nem sempre são capazes de oferecer aos aprendizes uma visão geral do planeta. Quanto a questão da quantidade trabalhada neste contexto espera-se que o leitor seja capaz de entender que “...*têm toneladas de carbono armazenadas*” faz referencia a um grande depósito, mas que a maneira encontrada para calcular a quantidade de gás carbônico no ambiente é de bilhões de toneladas, e como a definição **não** apresenta dados complementares para efeito comparativo, denominando quais seriam as toneladas dos outros depósitos e/ou reservatórios de carbono, leva o leitor a considerar que rochas e sedimentos são o único depósito de carbono no sistema terrestre.

Outro aspecto relevante neste item é que o texto não faz referência direta ao homem, à presença humana, ou sua intervenção com o uso e extração dos combustíveis fósseis, subtende-se que ele esteja incluído entre os seres vivos e se considerarmos o tempo geológico como referência, inúmeras espécies – algumas extintas – já fizeram parte desta categoria.

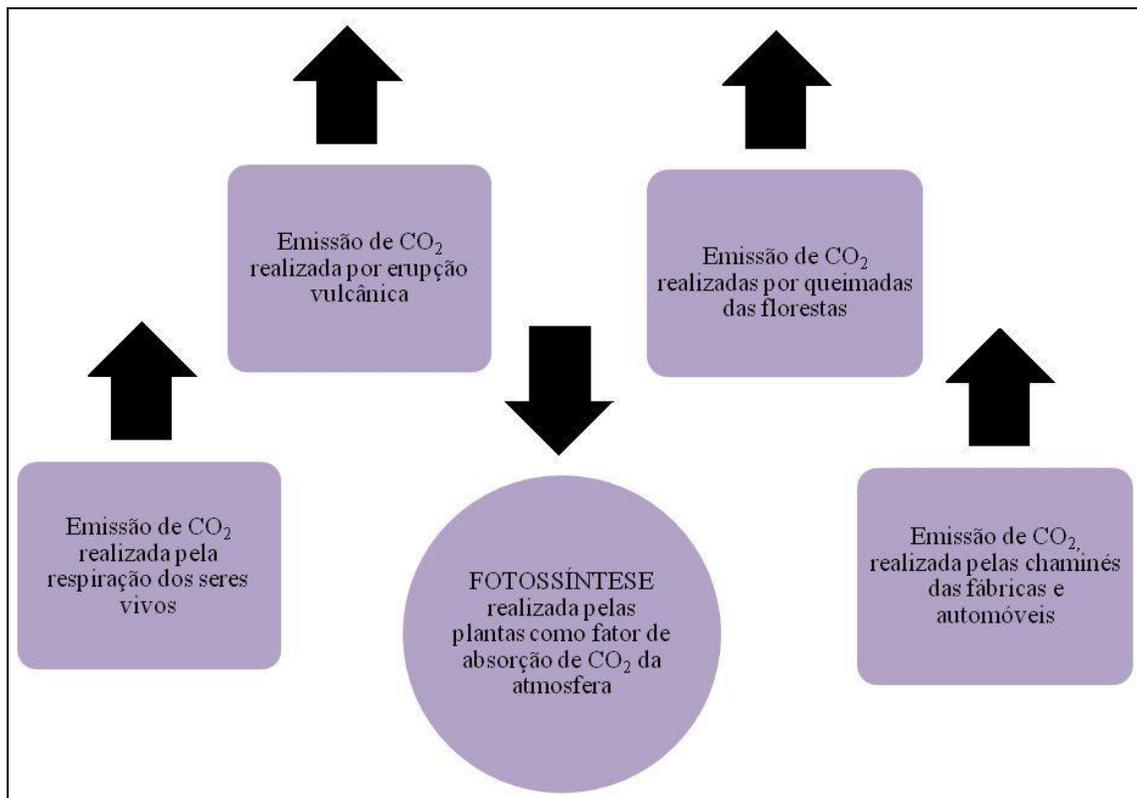
Em seguida o texto trabalha a circulação do carbono pelo ambiente simulando sua absorção e emissão pelos diferentes níveis e reservatórios; este processo explorado pelo texto, porém se dá de forma desigual pois, é trabalhado o retorno do elemento a biosfera através da fotossíntese realizada pelas plantas (tanto terrestres quanto as aquáticas), e os vários processos pelo qual o gás carbônico é emitido a atmosfera, dando a entender que é inúmeras vezes maior a quantidade de gás carbônico lançado a atmosfera do que a absorvida pelas plantas. Lembramos que em se tratando de ciclo estes processos ocorrem natural e continuamente.

Podemos notar nesta definição a seguinte estrutura, em se tratando de ciclo do carbono:

Inicialmente traz a localização do ELEMENTO carbono na biosfera → Em seguida traz a saída do GÁS CARBÔNICO à atmosfera terrestre → Explica em seguida o processo por qual ele retorna a biosfera → Termina sua definição explicando mais uma vez como o elemento retorna atmosfera terrestre.

Resumirei esta interpretação a partir do seguinte esquema:

**Figura 4.10:** Circulação do Carbono no sistema terrestre (segundo definição)



A seguir a definição aqui analisada passa a trabalhar com o retorno do carbono à atmosfera, “Com a queima de combustíveis fósseis, parte do carbono armazenado nas rochas tem sido expelida para a atmosfera na forma de gás carbônico.” O texto traz como **única** (até este momento) maneira de retorno do elemento ao ambiente, a queima de combustíveis fósseis, não exemplificando **diretamente** como se dá este processo, porem é sabido que faz se liga diretamente a participação humana, uma vez que inúmeras medidas, pesquisas, notícias divulgam amplamente o papel humano na emissão de gás carbônico à atmosfera devido à utilização do

petróleo como principal matriz energética, uma vez que o texto traz ...*Com a queima de combustíveis fósseis* quem promove esta queima? É natural? Como ocorre? São questionamentos possíveis a esta afirmação.

Concluindo a frase o texto **apresenta**,... *parte do carbono armazenado nas rochas tem sido expelida para a atmosfera na forma de gás carbônico*. Esta informação aqui apresentada pode trazer inúmeras dúvidas já que anteriormente ele não especifica que tipos de rochas e sedimentos são capazes de armazenar carbono e aqui ele diz que **parte** desta reserva efetuada pelas rochas que **volta** ao ambiente através da **queima de combustíveis fósseis**, desta forma pode-se concluir que **as rochas e outros sedimentos** trazidos pelo texto anteriormente indiretamente faz referencia ao petróleo e/ou derivados do mesmo, isto porém, não é trabalhado de forma clara e evidente ao leitor e visto que mais uma vez, indiretamente a ação antrópica realizada através do uso exploração do petróleo é o principal responsável pelo retorno de **parte** deste carbono armazenado.

Com a frase, “*A principal fonte de absorção do carbono é a fotossíntese realizada pelas plantas, principalmente das florestas e das existentes nos oceanos*” esta definição inicia uma nova etapa ao determinar a/as maneiras pela qual ocorre um retorno do gás carbônico anteriormente expelido á atmosfera á biosfera terrestre. Ao discorrer com *A principal fonte de absorção do carbono é...* o texto diz que a informação apresentada a seguir será colocada como PRINCIPAL alternativa pra o retorno de CO<sub>2</sub> a biosfera, considera-se portanto que esta será a a maior fonte de retorno do gás carbônico a biosfera terrestre, porém não **única** forma de retorno ao ambiente, não se exemplificando porém, com informações complementares quais seriam estas outras alternativas ao processo.

É sabido que os oceanos absorvem grande parte do gás carbônico da atmosfera por dois motivos: um porque o gás se dissolve na água (lembre-se que 2/3 do planeta é coberto por água) e outro porque as pequenas algas marinhas durante o processo de fotossíntese consomem CO<sub>2</sub>. Os oceanos podem ser considerados como o grande “consumidor” do CO<sub>2</sub> atmosférico. Porém, vale lembrar que é possível dissolver maiores quantidades de um gás em águas mais frias. Se a temperatura das águas dos oceanos aumentarem, como consequência do efeito estufa, sua capacidade de absorver o CO<sub>2</sub> da atmosfera irá diminuir.

As florestas também são muito importantes para a absorção de CO<sub>2</sub>, principalmente quando estão crescendo, pois estas também transformam o CO<sub>2</sub> atmosférico em matéria orgânica sólida por meio da fotossíntese. Essa informação complementar à definição nos leva a um debate muito discutido nos meios acadêmicos e políticos que se refere ao seqüestro de carbono<sup>15</sup>;

A definição aqui analisada não traz esta discussão, porém, ela é intrínseca ao assunto tratado uma vez que esta se apresenta como uma possível solução para o controle de emissões de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente para o aumento da temperatura no planeta. O sequestro de carbono é colocado como uma forma de “barganha” ou compensação ao grande volume de emissão de gás carbônico na atmosfera, a divulgação deste processo tem provocado uma grande discussão, principalmente entre ambientalistas e governos que transformaram a preservação de florestas e o replantio de árvores em um grande feito midiático.

Apesar de ser apresentada pela definição como principal fonte de retorno de gás carbônico a biosfera terrestre faz fotossíntese, figura uma dentre as outras fontes de sequestro de carbono efetuado em seu ciclo, isso ocorre por:

- Sequestros naturais: Ecossistema aquático com processos físicos ou biológicos; Ecossistema terrestre com as florestas e o solo;
- Sequestros artificiais: Injeção direta e fertilização de CO<sub>2</sub> nos oceanos e o reflorestamento artificial.

Prosseguindo afirma-se que este gás é absorvido através da fotossíntese,....*a fotossíntese realizada pelas plantas, principalmente das florestas e das existentes nos oceanos*” algumas considerações se fazem pertinentes ao pensarmos que o leitor deve ter como informação prévia o que é fotossíntese, como ela funciona, de que maneira as plantas “capturam” o gás carbônico da atmosfera, já que o texto não especifica nenhuma destas informações; Devemos lembrar que as “florestas novas”, particularmente o reflorestamento, não podem ser sequestradoras diretas do carbono. Embora a floresta natural seja um estoque líquido de CO<sub>2</sub>, o reflorestamento pode inicialmente ser uma fonte da emissão de CO<sub>2</sub> quando o carbono do solo é liberado na atmosfera.

---

<sup>15</sup> **Sequestro de carbono** é um processo de remoção de gás carbônico. Tal processo ocorre principalmente em oceanos, florestas e outros locais onde os organismos por meio de fotossíntese, capturam o carbono e lançam oxigênio na atmosfera. É a captura e estocagem segura de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), evitando-se assim sua emissão e permanência na atmosfera terrestre. O conceito de sequestro de carbono foi consagrado pela Conferência de Quioto, em 1997, com a finalidade de conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, visando à diminuição do efeito estufa.

Em complemento a frase o texto traz que esta fotossíntese realizada por plantas, mas **principalmente** denotando que as espécies a seguir apresentadas tem maior **capacidade** ou **importância** para o processo de retorno de gás carbônico ao ambiente terrestre, devemos nos ater porém que na complementação da frase as plantas referidas são as de **florestas e das existentes nos oceanos**, mas que plantas são estas? Todas realizam da mesma maneira a fotossíntese? Existem florestas compostas de plantas de vários tipos, assim como também não há especificação sobre quais plantas são referidas ao citar plantas oceânicas.

Ao concluir a definição do ciclo do carbono é trazido ao leitor as diferentes maneiras em que o gás carbônico circula no sistema terrestre, e que apesar de se tratar de um ciclo – simbolizado pelo equilíbrio - podemos notar uma grande disparidade entre a quantidade de emissões e os meios de retorno à biosfera – é novamente retomado o processo de absorção pelas plantas, usando para tanto uma denominação de comparação e/ou quantidade ao afirmar que *...Enquanto as plantas absorvem carbono, vários outros processos são responsáveis pela sua emissão na atmosfera*, comprovando este pensamento o texto traz a seguir **uma** forma de retorno ao sistema terrestre, uma entrada (através das plantas) e cinco tipos diferentes de emissões, saídas, (exemplificados pelo texto), buscando este sentido se utiliza da afirmação **vários**, ao descrevê-los, vejamos: “... como a fumaça das chaminés das fábricas e dos automóveis, as queimadas das florestas e erupção vulcânica e a respiração dos seres vivos.”

Os itens descritos pelo texto poderiam ser divididos em três grupos:

NATURAIS, aqueles que ocorrem livremente sem qualquer intervenção:

*erupção vulcânica*

HUMANOS, ocorridos através da atividade antrópica:

*a fumaça das chaminés das fábricas e dos automóveis*

HÍBRIDOS, apresentam-se tanto sob aspecto natural quanto humano:

*as queimadas das florestas, respiração dos seres vivos*

Esta separação em categorias para análise das afirmações traz a tona, sentidos que muitas vezes são construídos ao longo de anos de estudo escolar e que instintivamente usamos para compreender alguma frase ou conceitos, como por exemplo, possibilitando uma maior reflexão quanto aos processos responsáveis pela volta do gás carbônico a atmosfera, podemos ver também

que esta “volta” a atmosfera terrestres se faz de maneira natural ou não, cabendo ao leitor mesmo concluir por sua interpretação e por sua memória discursiva sobre o assunto tratado.

O texto desta definição é finalizado com a seguinte afirmação, “...*O desenvolvimento da pecuária é outro processo de acirramento da emissão de carbono na atmosfera*” Colocando em separado as outras fontes emissoras de gás carbônico denota-se uma maior importância a informação ao dizer que o *desenvolvimento da pecuária é outro processo de acirramento da emissão*, ou seja já existem vários processos de emissão **mas** o desenvolvimento da pecuária torna-se importante ao ser colocado em destaque aos outros, e também subentende-se que isto é causado pelo ser humano já que o consumo e conseqüentemente o aumento do rebanho é ocasionado por atividade humana, sem o texto fazer qualquer referência direta ao mesmo.

Cabe ressaltar que, mas uma vez sentimos a falta de dados comparativos para que se possa saber o porquê desta maior importância ou acirramento, esta comparação (e sentido) só seria possível se o leitor dispusesse de um conhecimento prévio muito grande do assunto tratado.

Apesar de relatar indiretamente a ação e participação humana nos processos acima mencionados, é subentendida a participação dos seres humanos no **geossistema terrestre** como agentes constituintes e participantes do ciclo do carbono, inquieta-nos porém o fato destas afirmações serem expostas sem a preocupação de inserirem-se como elementos participantes de um processo maior tanto em escala quanto em tempo. Deve-se considerar que o “tempo” considerado na maioria das vezes e inconscientemente usado pelo texto, faz referência ao tempo em que o ser humano está presente no sistema terrestre (cerca de 11 milhões de anos ) mínimo se comparado ao tempo de formação do nosso planeta, por volta de 4,5 bilhões de anos<sup>16</sup>. O carbono está presente em nosso planeta desde que seu processo de resfriamento foi iniciado, e desde então seu ciclo tem passado por inúmeras variações naturais, ou seja, ocorridas sem a participação humana em seu ciclo.

Esta definição não traz o caráter sistêmico do CO<sub>2</sub>, assim como todas as variáveis possíveis ao analisar a circulação, emissão, fixação e volta do carbono ao geossistema terrestre, ficando quase impossível ao leitor reconhecer como o ciclo a passagem do elemento em seus

---

<sup>16</sup> Dados adaptados de TEIXEIRA, W.; de TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. (org.) 2000. *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos

diferentes estágios e níveis, não permitindo entendê-lo como parte integrante de um Sistema complexo e com inúmeros elementos e variáveis como o nosso planeta.

Geralmente ligado ao aumento da emissão de gás carbônico e a atividade antrópica, encontramos intrinsecamente ligados o aquecimento global/mudanças climáticas globais, porém nesta definição apesar de encontrarmos indícios da presença humana, o texto não faz referência direta ao aquecimento global e/ou efeito estufa, apenas relata a existência de combustíveis fósseis, e mostra a queima e/ou o uso de dos mesmos, devemos entender que cada leitor traz consigo suas memórias, sendo impossível porém, ignorar o contexto de outros discursos – como os do aquecimento global, amplamente divulgado pela mídia atualmente, e na maioria dos casos abordada da mesma maneira, que impõe ao ser humano, a culpa pela mudança climática atual no sistema Terra – ou seja, essa mesma definição poderia ser diferente se não houvesse a atual discussão do assunto.

Outro fator importante a ser considerado é a inexistência da presença solar (importante para manutenção da maioria dos ciclos terrestres e aquecimento do planeta), é um elemento fundamental, pois o Sol é responsável pela transformação da matéria e pela energia necessária para movimentação do ciclo. Sem esta energia não haveria nenhum ciclo do CO<sub>2</sub> o homem é um componente deste ciclo ao utilizar carbono através das indústrias e automóveis, mas também a usaria através de sua necessidade de alimentação (considerando que a população mundial só tem aumentado, este uso também é acrescido).

Outro ponto que nos atemos ao realizar esta análise considera escala de tempo abordada pela definição, pois já que nos referimos a circulação de um elemento por todo seu ciclo, o tempo trabalhado e mencionado ao leitor deve ser a escala de tempo geológica, pois assim teríamos condições de observar e entender o ciclo do carbono em sua complexidade e ampla circulação, cuja importância na construção do planeta como o conhecemos é/foi fundamental.

Para finalizar esta análise, chamarei atenção para um ponto interessante, que é o fato do autor da definição analisada acima ser também autor de uma conceituada coleção de Ensino de Geografia do ensino fundamental (elaborada em conjunto com outros autores) denominada *Construindo a Geografia* – 4 volumes como podem ver a seguir:

**Figura 4.11:** Coleção Construindo a Geografia



**Fonte:** *Construindo a Geografia* – 4 volumes. Editora Moderna 2009.

O ponto de reflexão aqui se faz, pois em sua coleção o ciclo do carbono não é mencionado, explicado ou abordado em qualquer momento, dando margem então para alguns questionamentos como, Por que o autor desta definição não a utilizou em sua coleção didática? Porque não houve a necessidade de um estudo de Geografia que incluísse o ciclo do carbono? Que discursos foram preteridos pra a confecção da definição?

#### 4.4. Quando texto e imagens se complementam

O segundo objeto de análise apresentado agora foi escolhido depois de uma ampla observação de currículo e livros didáticos de Biologia destinados ao Ensino Médio, já que é somente neste nível em que há uma proposta oficial (uma cobrança pela apresentação do conteúdo) pelo MEC. Como dito anteriormente o Ministério da Educação propõe o estudo da energia e dos ciclos biogeoquímicos dentro de ecologia para os alunos do 3º ano do Ensino Médio, sendo assim todos os livros – que em geral adotam esta proposta curricular – trazem o conteúdo em seu interior.

Podemos observar assim, que é somente neste momento da vida escolar que os alunos “obrigatoriamente” terão contato com o ciclo do carbono, cabe entender então como se dá este contato, de que maneira o conteúdo é abordado e quais relações são feitas a ele. Mais uma vez consideramos que o livro didático se coloca como referencia ao aprendizado, por meio dele os significados obtidos se tornam mais efetivos, e por muitas vezes únicos Faria (1984), em seu livro *Ideologia no Livro Didático*, partindo da análise de como as crianças de escola pública, de origem operária na maioria, e da escola particular, originárias da classe média e alta, aprendem conceitos via livro didático, concluiu que este, em geral, perpassa ideologias culturalmente impostas e que se propagam de maneira a inculcar valores, preconceitos.

O aluno que não é apresentado a outros recursos e a outros tipos de texto fica limitado a uma única “resposta” a um único sentido, e infelizmente como é sabido nem sempre existe a possibilidade de abranger assuntos de fontes jornalísticas, científicas, para o desenvolvimento de um leitor crítico, é o que vemos em Silva e Almeida (2005), que diz:

[...] na escola, o texto predominante tem sido justamente aquele, o livro didático, que não participa de um espaço público maior do que o delimitado pelos seus próprios muros. É essa “externalização” da situação discursiva do espaço escolar, uma das funções do uso de textos de divulgação científica que pretendo apontar, ao mostrar como eles podem funcionar dentro da escola, deslocando características do discurso pedagógico, notadamente da imagem que este produz da relação entre sujeito (leitor) e ciência.

(SILVA e ALMEIDA, 2005, p.07)

A definição que mostrarei e analisarei a seguir apresenta uma distinção da primeira apresentada neste trabalho, ela é composta por uma definição escrita e complementada com uma imagem, de antemão os significados e sentidos produzidos mudam completamente pois as imagens representam um conjunto de conhecimentos dispostos em tamanhos, cores e situações distintas, mas que trazem consigo sentidos distintos, e abrindo a possibilidade para inúmeras interpretações:

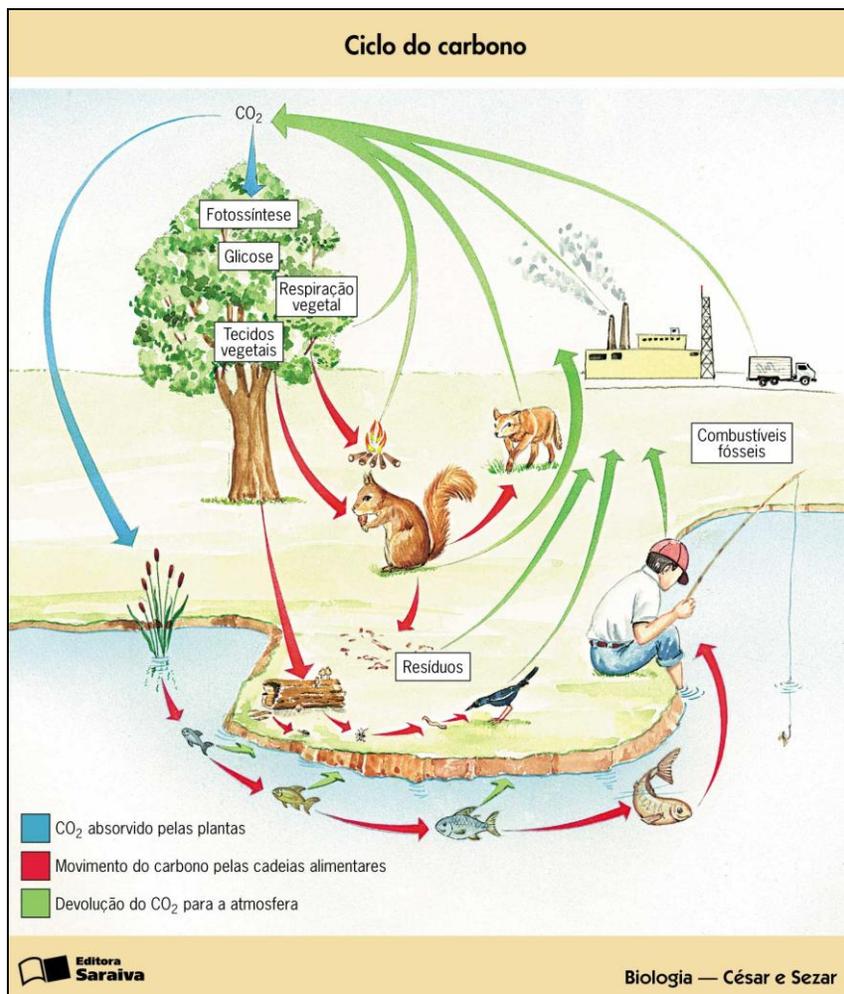
[...] a leitura (interpretação) de imagens integra-se numa história que é maior do que nós, num processo do qual não somos a origem; uma imagem, ao ser lida, insere-se numa rede de imagens já vistas, já produzidas, que compõem a nossa cotidianidade, a nossa sensação de realidade diante do mundo. A leitura (interpretação) de imagens não depende apenas do contexto imediato da relação entre leitor e imagem: para lê-la o leitor se envolve num processo de leitura (interpretação) que já está iniciado. (SILVA, 2006, p. 77)

O que buscamos em nossa análise que inclui imagem e texto é

[...]é saber como um objeto simbólico (enunciado, texto, pintura, música, etc.) produz sentido, como as interpretações funcionam. Saber como as interpretações funcionam. A compreensão procura a explicitação dos processos de significação presentes no texto e permite que se possam “escutar” outros sentidos que ali estão compreendendo como eles se constituem. (ORLANDI, 2007, p.26).

Ou seja, desenvolver uma compreensão de padrões e escolhas que mais são feitas quando nos deparamos com o ciclo do carbono, sejam essas escolhas apresentadas em texto ou figura, elas trazem um “passado”, representam discursos que se sobressaíram a outros discursos e escolhas.

## A análise



“Todas as moléculas orgânicas dos seres vivos - carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos - tem átomos de carbono em sua composição. A figura da página anterior mostra como os átomos de carbono circulam na natureza, tanto nos seres vivos como no ambiente inanimado. As setas azuis indicam o carbono usado pela fotossíntese; as vermelhas, o carbono transferido nas cadeias por meio do alimento, enquanto as setas verdes mostram a devolução de gás carbônico para a atmosfera.

Começamos pelo gás carbônico na atmosfera, principal reservatório da biosfera. Ele é absorvido pelas plantas, que fazem fotossíntese e produzem alimento orgânico (lembre-se de que gás carbônico também se encontra dissolvido na água de ecossistemas aquáticos). Por meio das cadeias alimentares, o carbono “orgânico” é incorporado pelos herbívoros, e deles transferido aos consumidores da comunidade. Todos esses organismos, ao respirar, devolvem gás carbônico

*para o ar ou para a água. Os decompositores que degradam os resíduos e os cadáveres de animais e vegetais, também fabricam gás carbônico, que volta ao ciclo. Veja também, no esquema, que tanto a queima de lenha como a de combustível fóssil, como o petróleo liberam gás carbônico. “No caso do petróleo, trata-se de carbono que ficou soterrado durante milhões de anos, sem participar nesse tempo todo dos ciclos da matéria, e que está sendo agora devolvido aos ecossistemas.”*

A figura e definição aqui apresentada são trabalhadas em livro didático de ensino médio de grande circulação e uso. Trata-se do livro *Biologia volume 3, 3ª. Série - genética, evolução e ecologia*, dos autores César da Silva Junior e Sezar Sasson, publicado pela editora Saraiva (o livro aqui utilizado é a 7ª. Edição publicada em 2005).

Para desenvolver uma análise coerente observaremos algumas questões, principalmente a abordagem junto ao estudo do ciclo do carbono, já que atualmente este assunto tem sido discutido em diferentes fontes e formas, uma vez que o carbono é o “ator principal”, do assunto em voga, mais trabalhado em meios acadêmicos, escolares, midiáticos, políticos, entre outros, as mudanças climáticas (ou aquecimento global), causado ou não pelo homem, através de sua interferência no ciclo biogeoquímico do elemento carbono. (conhecido como ciclo do carbono).

Lembro mais uma vez, antes de iniciar a observação da figura, que a análise do discurso, considera que as imagens, como os textos escritos, não são transparentes e que produzem diferentes sentidos de acordo com a formação do leitor, sua cultura e história, e o contexto de leitura, que fazem parte das condições de produção (ORLANDI, 2007).

O referido ciclo, é trabalhado em livros didáticos, muito antes de o aquecimento global receber tamanha atenção, o que queremos observar na atual análise, é como se produz e se faz o sentido deste conteúdo trabalhado quando o olhamos utilizando alguns conceitos específicos para sua compreensão. Sendo assim observaremos utilizando ferramentas da análise de discurso e das geociências, buscando trazer os sentidos, produzidos a partir desta definição tão trabalhada por alunos do Ensino Médio de todo o país.

Para uma melhor compreensão faremos a análise em três partes distintas, em uma primeira etapa, trabalharemos somente a figura, após a definição escrita, e concluiremos como a observação destes dois elementos conjuntamente.

## *A Figura*

Notamos ao observar inicialmente a figura que ela apresenta diversos elementos ilustrativos e que eles se organizam de forma distinta na representação; Como figura central e de maior destaque podemos ver uma árvore, de onde é centralizada toda a representação cíclica dos demais elementos da composição, onde também se encontra a maior gama de informações complementares escritas.

A representação traz consigo uma explicação do funcionamento do ciclo do carbono, e entendemos que este ciclo é componente (juntamente com outros ciclos e processos) de um sistema muito maior e complexo, que mantém em nosso planeta, condições de habitação do qual estamos tão habitualmente acostumado; Sendo assim o ciclo do elemento carbono é apenas UM, dentre vários em que podemos encontrar inúmeras maneiras de representação e explicação, sofrendo interferência e interferindo em todo sistema terrestre.

A figura, aqui analisada, porém, não faz referência a participação do ciclo do carbono, dentro do sistema terrestre, em nenhum momento encontramos nela, objetos que interajam com outros ciclos (mostra água, mas não se refere ao ciclo da água, traz microorganismos e animais e não fala do ciclos do nitrogênio, fósforo e hidrogênio...entre outros), desta maneira o leitor produz o sentido de ciclo do carbono independentemente dos outros ciclos e influências, até mesmo do sistema global. A compreensão se torna isolada e independente de outros fatores que podem interferir no próprio funcionamento e manutenção do ciclo do carbono. (influencia estas, que tem sido muito destacada quando o assunto é mudanças climáticas).

Ainda sobre os elementos representados na imagem, notamos que não há intencionalidade em preservar uma escala de tamanho aproximado à realidade, já que o esquilo ali presente é maior que a raposa e de tamanho proximal ao ser humano, assim como a indústria e o caminhão que mesmo em segundo plano apresentam-se em elevada escala. Consideramos que ao ignorar a escala de tamanho dos elementos a definição sugere ao leitor maior atenção a certos elementos destinando a estes, maior importância frente aos demais.

É o que podemos notar ao visualizarmos os elementos naturais retratados na definição como: árvores, plantas aquáticas, peixes, esquilo, raposa, pássaro... Todas as ilustrações citadas de alguma forma apresentam distorção no tamanho (sempre maior ou desproporcional aos demais elementos representados), evidenciando destaque dos elementos naturais que compõe o ciclo,

desta maneira é inegável que se produza sentidos que nos levem a considerar o estado de natureza do ciclo do carbono.

Na análise por nós aqui iniciada, consideraremos que esta escolha “inconsciente” dos tamanhos dos objetos colocados na figura, embutiu a elas maior ou menor relevância no contexto geral da citação.

Os peixes ali representados mostram-se ligados a diferentes pontos do ciclo e são representados em tamanhos singulares, assim como os resíduos que se apresentam em alguns momentos disformes e em tamanhos diferentes, porém apesar de trazer elementos aquáticos a figura, a definição não retrata em nenhuma disposição toda a quantidade de carbono presente no meio aquático (um dos maiores reservatórios de CO<sub>2</sub> do planeta ), observe a figura 04 - Reservatório e Fluxos de Carbono, da análise anterior página, poderia ser trazido ao leitor informações complementares e de importante significância junto ao ciclo do carbono, já que nos reservatórios submersos encontra-se grande parte do CO<sub>2</sub> não atmosférico, e que estes depósitos são fundamentais para o equilíbrio do clima da Terra, tema tão abordado que tem-se discutido exaustivamente e por muitas ocasiões não se é colocada esta informação.

Esta “seleção” do que é ou não importante na discussão de um conteúdo ou assunto trata-se do que vimos em Orlandi (2005, p.43) de formação discursiva que define como aquilo que numa formação ideológica dada – ou seja, a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio-histórica dada – determina o pode e deve ser dito; Em nossa análise especificamente alguns discursos se sobrepõe a outros, fazendo com que algumas “partes” do ciclo do carbono sejam mais citadas e trabalhadas que outras, a priori escolhendo inconscientemente o que irá ser abordado na figura.

A imagem faz representação de sistema e ou ciclo do elemento carbono utilizando-se de setas de diferentes cores que ligam os diferentes elementos presentes na imagem:

- ✓ As setas azuis indicam o carbono usado pela fotossíntese;
- ✓ As setas vermelhas, o carbono transferido nas cadeias por meio do alimento;
- ✓ Setas verdes mostram a devolução de gás carbônico para a atmosfera.

Estas setas, porém se encontram em quantidade e formas diferentes, podemos localizar 9 setas verdes, 2 azuis e 14 setas vermelhas, que indicam uma movimentação distinta dos elementos constituintes do ciclo, concluindo o observador que ocorre mais vezes no sistema a transmissão de carbono transferido nas cadeias por meio do alimento, posteriormente sua

devolução de gás carbônico para a atmosfera e em menor ocorrência seu retorno como o uso do carbono na fotossíntese. Ou seja, é desconsiderado que o funcionamento de um ciclo é realizado de forma a equilibrar o elemento no sistema, e que seu funcionamento se dá objetivando justamente este equilíbrio entre suas diferentes fases.

Observando atentamente a movimentação de carbono proposto pelas setas há uma grande diferença na circulação do elemento se considerarmos que em quatorze (14) setas vermelhas, o carbono percorre vários elementos de sua cadeia, em movimentos de transferência e decomposição, ou seja, ele tramita por diferentes níveis na biosfera terrestre. Se considerarmos as setas verdes (totalizam nove), indicam as atividades responsáveis pelo retorno do CO<sub>2</sub> a atmosfera, podemos notar que a largura das setas e sua quantidade indicam grande capacidade de retorno do carbono, o leitor pode entender que esta devolução se dá de forma intensa e de diferentes maneiras, contrapondo as setas azuis (duas), que indicam um pequeno retorno do gás realizado através da fotossíntese, destacando assim uma grande desigualdade na circulação do elemento dentro de seu ciclo.

Isto contrapõe o conceito de ciclo/sistema que em (Kim, 1999; Mandinach, 1989; & de O'Connor; McDermott, 1997; Penner, 2000) apud Orion,(2005):

[...] o sistema tenta manter sua estabilidade por meio de respostas. As interdependências entre as variáveis são conectadas por uma causa e efeito de um ciclo de respostas, e conseqüentemente o padrão de umas ou várias variáveis, afetam o padrão de outras variáveis. Contudo, as propriedades atribuíveis ao sistema como todo não são aquelas dos componentes individuais que compõem o sistema.

(ASSARAF E ORION, 2005, p.519)

Quanto a definição de um sistema único que interage em diferentes níveis, cabe uma reflexão quanto a escolha de diferentes cores para exemplificar a transição de um mesmo elemento, já que a representação de uma sistema é cíclico poderia ser utilizada apenas uma cor para denotar os diferentes “caminhos” percorridos pelo elemento; Mas ao observarmos as escolhas das cores destas representações, notamos que o vermelho chama muito mais atenção a primeiro momento do que as outras representações, justamente por ser uma cor geralmente usada para destacar algo em um contexto; Já a cor verde muitas vezes a primeiro momento é usada na

representação de elementos e paisagens naturais, tanto como o azul representa meios líquidos quando utilizado.

Nesta representação o homem aparece principalmente em dois momentos, como elemento participante da cadeia alimentar e como emissor através da respiração de CO<sub>2</sub> à natureza, e ao fundo (em menor destaque) ele aparece integrado ao ciclo em plano secundário, como emissor de gás carbônico através da utilização de combustíveis fósseis e produção industrial. Neste momento chamamos atenção ao fato de que o homem apresenta nesta figura -com a utilização da seta verde de emissão- a mesma capacidade de emissão que os animais e a fogueira (não se relatando que a fogueira da forma apresentada é causada por intervenção humana).

As informações relacionadas a presença humana nesta figura destoam grandemente do momento histórico ambiental que nos encontramos atualmente, onde os estudos acadêmicos/científicos sobre o clima da Terra indicam que o sistema climático de nosso planeta passa por transformações – de causas antropogênicas – que tem aumentado as temperaturas globais. Este discurso adotado pela mídia como verdade absoluta, tem sido amplamente divulgado e transformado tal problema ambiental em um show onde o ser humano ocupa papel de destaque como grande agressor da natureza. Podemos encontrar facilmente em livros de amplo uso acadêmico como o exemplar Para Entender a Terra de PRESS, F, SIEVER R., GROTZINGER, J. & JORDAN, T. H., 2006 (p 585), que diz, “Os humanos têm modificado o meio ambiente pelo desmatamento, pela agricultura e por outros tipos de uso do solo ao longo de toda a história registrada, mas os efeitos nos tempos antigos eram, comumente, restritos ao habitat local e regional. A sociedade atual afeta o meio ambiente numa escala inteiramente nova: nossas atividades podem ter conseqüências globais” e continua na pg 605, “O aumento dos gases-estufa induzido pela atividade humana é provavelmente responsável por grande parte do aquecimento do século XX”.

Assim sendo algumas reflexões nos são possíveis, a figura da qual partimos a análise não apresenta a atividade antrópica como **principal** causa do aquecimento global, ela é colocada como os demais elementos da cadeia do ciclo do carbono, será que se as condições de produção da mesma, já estivessem ingeridas dentro da atual midialização das mudanças climáticas, ela se apresentaria da mesma forma?

Outro fator relevante é observado ao verificarmos que a ilustração – apesar de não fazer referência direta ao aquecimento global e/ou efeito estufa – traz a existência de combustíveis

fósseis, e mostra a queima e/ou o uso de dos mesmos, apresentando também a queima de elementos naturais (fogueira).

Observando a figura podemos notar que a imagem apresenta inúmeros elementos, que indicam um espaço temporal pequeno (principalmente a partir da presença humana), trabalhando principalmente com o tempo histórico, desconsidera-se que o elemento carbono e seu ciclo se apresenta em espaço temporal muito maior (tempo geológico), fazendo parte da constituição do nosso planeta.

Esta representação não considera o tempo geológico do elemento e sua presença no sistema global. Estas considerações são possíveis, pois a figura apresenta os seguintes elementos contemporâneos:

- ✓ Homem;
- ✓ Fábricas;
- ✓ Caminhão;
- ✓ Fogueira
- ✓ Escrita: Combustíveis Fósseis.

Em nenhum momento é mencionando ou há alguma representação direta a temporalidade.

Por se tratar de um ciclo que faz parte de um grande fluxo energético que compõe o sistema terrestre, esta representação somente cita a fotossíntese (como elemento escrito/explicativo da figura), Sabe-se que há a necessidade da presença solar, para efetivação da mesma. A figura, porém não apresenta este elemento. Entendemos que este ciclo não trata da energia, só da matéria, embora os ciclos envolvam as duas coisas, pois as transformações da matéria estão relacionadas com mudanças energéticas. A própria cadeia alimentar é um fluxo energético.

### *Definição escrita*

O texto apresentado é trabalhado junto à figura demonstrada anteriormente, e assim como um texto que objetiva a explanação de um determinado assunto, ele traz informações e intenções distintas.

A explanação se inicia demonstrando o quão abrangente e complexo se faz o estudo do ciclo do carbono ao colocar que o elemento faz parte da base biológica da grande maioria dos

seres e componentes da biosfera terrestre, ao citar *“Todas as moléculas orgânicas dos seres vivos - carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos - tem átomos de carbono em sua composição”*, cabe aqui um outro sentido produzido por um leitor desta definição, já que a presença do carbono assim colocada, não menciona as grandes reservas não-biológicas do elemento, como as rochas consideradas grandes reservatórios naturais do ciclo do carbono, pode-se portanto entender que o ciclo do referido elemento só se faz com a presença de organismos biológicos.

O texto como o objetivo de complemento para compreensão do ciclo do carbono, cita por duas vezes a figura como ligação e referencia ao conteúdo, principalmente na explicação das setas utilizadas na imagem que ilustra o conteúdo.

A explicação apresentada relata todos os níveis de fixação e transporte do ciclo do carbono, mas não faz a interligação direta destes elementos como parte integrante de um sistema global, que de diferentes maneiras atua tanto como item na transmissão de energia (tanto celular quanto como fonte energética), como elemento presente em toda cadeia alimentar e com inúmeros eixos participantes do processo.

Em sua definição o termo sistema não é abordado e a palavra/referencia ao ciclo só é levantada no final da definição, quando a explicação diz que após todo o processo o *“gás carbônico, que volta ao ciclo”*. Conceitos relacionados a ciclo não estão explicitados, como o de reservatório. E não aparece junto com outros interligados, como o de fluxo, embora essa seja uma das significações das flechas.

Outro ponto importante levantado pelo texto é referente ao conceito de reservatório, já que como dito na mesma definição o carbono se faz presente em grande quantidade em todos os níveis biológicos, porém, segundo a definição – que só cita um grande reservatório *“Começamos pelo gás carbônico na atmosfera, principal reservatório da biosfera”* – não biológico para o elemento, ao mesmo tempo, define o limite do reservatório: é só o da biosfera, só está considerando reservatórios dentro da biosfera. É dentro desse limite, imposto pela biologia, o ciclo do carbono (e indiretamente, o aquecimento global) é significado. Na sequência imediata é trabalhado o carbono como elemento fundamental na produção de energia, veja-se *“ele é absorvido pelas plantas, que fazem fotossíntese e produzem alimento orgânico (lembre-se de que gás carbônico também se encontra dissolvido na água de ecossistemas aquáticos). Por meio das cadeias alimentares, o carbono “orgânico” é incorporado pelos herbívoros, e deles transferido*

*aos consumidores da comunidade*”. Esta forma de armazenamento de carbono só tem sentido, também dentro da biosfera, da cadeia alimentar. É de onde se vê o reservatório fotossintetizado como alimento (para outro animal ou se vivo da cadeira). Mas do ponto de vista mais amplo, esse reservatório também tem um processo que não implica em alimento.

Esta definição inicialmente traz o ser humano apenas como um elemento biológico do ciclo (como ser vivo que respira, consome e produz material biológico decomposto), mas ao final de sua explicação ela traz : “ ... *a queima de lenha como a de combustível fóssil, como o petróleo liberam gás carbônico.* ” Fica assim, implícito nesta frase a participação humana de liberação de gás carbônico ao sistema terrestre, já que é sabido que a utilização e queima de combustíveis fósseis e lenha só é realizada por ação antrópica, da mesma forma não faz qualquer menção direta a aquecimento global, mudança climática e/ou efeito estufa.

Esta definição também não apresenta escala de tempo bem definida, pois relata inicialmente de maneira semelhante todos os elementos participantes do ciclo somente remetem a participação exclusivamente humana quando ao final da definição descreve o processo de utilização e queima de combustíveis fósseis, desta maneira podemos concluir que esta representação só apresenta o ciclo do carbono em espaço temporal recente (com a presença do ser humano), desconsiderando sua existência nas eras pré-existentes.

### *Relação entre Figura e Texto*

É possível levantar considerações ao analisarmos conjuntamente a figura e o texto da definição acima descrita. Ao observá-las sob o ponto de vista de nosso referencial analítico, podemos notar que algumas informações destoam entre as duas apresentações.

O ser humano e as ações antrópicas não apresentam grande relevância no ciclo do carbono quando vistos inicialmente, ele não é apresentado como grande agente modificador do equilíbrio do ciclo em questão, porém, quando vislumbramos a parte textual da definição podemos notar que ao final da mesma o relato da volta de CO<sub>2</sub> ao ambiente ocorrido pelo uso de combustíveis fósseis “abre” um precedente para a interferência humana do ciclo e indiretamente traz também a tona as mudanças ambientais/climáticas, não explicitadas na definição, mas usualmente ligadas a presença humana.

Outra questão importante é pensarmos que a circulação do carbono e seu ciclo acontecem – inclusive apresentando variações – desde a origem da Terra, sua participação dentro do grupo de gases responsáveis pelo efeito estufa do nosso planeta, possibilitou o desenvolvimento das condições de vida que atualmente conhecemos, desta forma não podemos considerar o CO<sub>2</sub> sem considerarmos o tempo geológico de formação da Terra, que data de bilhões de anos. A definição apresentada e analisada, porém, desconsidera a quantificação desta modalidade de tempo, já que em nenhuma das exposições faz referencia as variações naturais do ciclo e seu funcionamento antes da presença humana.

Outra situação peculiar se faz quanto à integração do CO<sub>2</sub> dentro do sistema terrestre, se considerar que ele é um ciclo inserido em uma abordagem e visualização Sistêmica. PRESS, F, SIEVER R.,GROTZINGER, J. & JORDAN, T. H.,(pg 598) dizem:

Ao abordar ciclos geoquímicos, consideramos os componentes do Sistema Terra – atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera – como sendo **reservatórios geoquímicos** que armazenam os elementos químicos terrestres, associados a processos que os transportam de uma componente a outro. Os ciclos geoquímicos reconstituem o curso, ou *fluxo*, dos elementos químicos de um reservatório a outro. Pela quantificação da concentração do elemento químico que está armazenado e circulando entre os diversos reservatórios, podemos obter novos esclarecimentos sobre o funcionamento do sistema Terra.

(PRESS, GROTZINGER. SIEVER. JORDAN, 2006, p. 598)

Desta forma conclui-se que para o desenvolvimento de uma visão integrada do funcionamento de nosso planeta é necessário que se introduza uma capacidade sistêmica de compreensão de seus elementos (dentre eles o carbono), o que efetivamente não é colocado dentro da definição por nós analisada.



## 5. Enem e o ciclo do carbono

A utilização do ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio como referência no tratamento de questões e assuntos a serem estudados e abordados no meio escolar, tem sido muito discutido e divulgado em diferentes níveis, seja ele, o acadêmico, os que discutem as avaliações ou os responsáveis por currículos e produção de material didático nas escolas. Por ter se tornado na atualidade, uma avaliação de referência em nível nacional, busquei olhar o Exame Nacional do Ensino Médio proposto pelo governo federal como avaliador do ensino médio do país, como um atual balizador de conteúdos e abordagens de ensino. Eu observei sua abordagem primeiramente como aluna (por já ter me submetido a essa avaliação anos atrás) e agora como pesquisadora e professora, pretendendo entender sua metodologia e conseqüentemente sua perspectiva ao abordar o uso de ciclo especificamente, o ciclo do carbono em suas questões.

O ENEM, instituído pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais INEP, em 1998, foi criado para ser aplicado aos alunos concluintes e aos egressos deste nível de ensino. Ele é realizado anualmente, com o objetivo fundamental de avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, oferecendo em conjunto com algumas universidades filiadas, bolsas de estudos (integrais ou parciais) aos alunos mais bem colocados e que apresentassem baixas condições de renda, para o acesso formal à graduação e mais recentemente, também tem sido referência para aquisição de vagas em algumas universidades Federais do Brasil, em substituição do antigo exame vestibular.

As provas do ENEM elaboradas pelo INEP têm como objetivo avaliar os alunos através de alguns pressupostos, mais especificamente por habilidades e competências que são apresentados no Documento Básico do Enem (INEP 1999, p.1), onde fica exposto que o aluno avaliado tenha:

- I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;
- II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;
- III – domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania

Para que possa avaliar o aluno segundo as habilidades e competências propostas pelo ENEM, a prova foi dividida de forma que cada questão apresentada conecta-se a uma habilidade e competência específica de cada área do pensamento.

No trabalho aqui apresentado utilizei como referências de análise as questões da prova que de alguma forma, apresentassem conexão com o conteúdo das geociências, mais especificamente que abordassem ciclos, abordagem sistêmica e ciclo do carbono, observando como se apresentam ligações com as competências e habilidades propostas pelo INEP.

Iniciei meu trabalho observando o ENEM (entre os anos de 1998-2010), procurando compreender como se deu sua constituição, a preparação, abordagem e conteúdo das provas, para isso, foram necessários as leituras dos seus documentos oficiais, e dos relatórios pedagógicos de algumas provas que se encontram disponíveis onde posteriormente, localizei as questões que se conectavam ao meu objeto de estudo, ou seja, que traziam em seu contexto a abordagem sistêmica, ciclos biogeoquímicos – mais diretamente o ciclo do carbono – observando principalmente como eles abordavam e se ligavam à perspectiva epistemológica das geociências. Ressalto aqui, que se compreende geociências como Galvão (2010), que coloca:

Os termos “Ciências da Terra” ou “Geociências” são aplicados às ciências relacionadas com o estudo do planeta Terra e sua dinâmica. São as ciências que consideram os principais componentes do planeta Terra, oceanos, água potável, rochas, solos, entre outros. Aplicam conhecimentos da Física, Geografia, Matemática, Química, História e Biologia de modo a construir um conhecimento quantitativo das principais áreas ou esferas do sistema Terra. (GALVÃO, 2010, p.40)

Mais uma vez destaco, que quando a prova apresenta questões que abordam ciclos e sistemas, fica evidente a dificuldade para conectar fenômenos globais de nosso planeta (como poderá ser visto mais adiante, na análise específica de questões do ENEM), desta maneira, promover o desenvolvimento geocientífico nos alunos torna-se imprescindível, como vemos ainda em Galvão (2010):

A educação em Geociências promove uma visão global da Terra como um sistema aberto e dinâmico, abrangendo outros subsistemas terrestres perpassados por ciclos e fluxos de matéria e energia, apta a referir-se ao complexo, ao contexto, de forma multidimensional e numa concepção global, pois, quanto maior a concepção do geral, maior é a sua facilidade de tratar problemas especiais.

(GALVÃO, 2010, p.41)

Esta análise se fez importante e necessária uma vez que o número de questões apresentadas nos diferentes anos de aplicação do ENEM sobre o ciclo do carbono e seus temas correlatos, em que foram abordados de forma direta e indiretamente, trabalhando diferentes habilidades e competências dos alunos e exigindo dos mesmos um conhecimento interdisciplinar se tornou muito significativo e relevante o do estudo do tema. Como poderá ser observado adiante.

## 5.1 Contextualizando o ENEM

O ENEM representa hoje na realidade escolar brasileira um grande referencial quanto à abordagem de assuntos e conteúdos básicos e necessários a alunos recém egressos do Ensino Médio e/ou que tenham completado a educação básica em nosso país. Muitas escolas e instituições de ensino pautam seus conteúdos visando o ENEM para uma boa qualificação de suas escolas e instituições.

Devemo-nos ater, porém que o ENEM trata-se de uma avaliação, e como tantas para que se possa efetivar uma questão, são feitas escolhas em que conteúdos diversos são preteridos a outros, como vemos em Orlandi (2005), que nos orienta acerca dos discursos escolhidos: “A formação discursiva se define como aquilo que numa formação ideológica dada –ou seja a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio histórica dada – determina o que pode e deve ser dito. [...] Os sentidos são determinados ideologicamente.”p.43.

O Enem iniciou-se em acordo com a LDB em que o processo de avaliação do ensino, em seu artigo 9º, esclarece que a união se incumbirá de “... assegurar **processo nacional de avaliação** [grifo meu] do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, **em colaboração com os sistemas de ensino**, [grifo meu] objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino.” (Lei 9.394/96: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Art. 9º, Inciso VI).

Ao assumir o papel de norteador /avaliador da qualidade do ensino finda a escolaridade básica no país, seu contexto de produção, suas questões, os assuntos abordados nas provas, tornam-se referência fazendo com que os temas e assuntos trabalhados nas provas tornem-se

discursos evidentes em diversos meios, dentre eles midiáticos, políticos e escolares. De acordo com o Relatório Pedagógico de 2007, o ENEM é:

Um dos instrumentos a serviço de uma educação básica que confere efetiva autonomia aos jovens brasileiros, concebido e aperfeiçoado de forma a contemplar todas as dimensões práticas, críticas e éticas da formação escolar, sinalizadas pela LDB; incorporar o caráter dinâmico do conhecimento e de sua aplicação na vida pessoal e social; permitir ao estudante uma avaliação comparativa de seu preparo geral para a vida em sociedade, garantindo seu direito de divulgar ou não seu resultado individual; considerar, respeitar e valorizar a unidade e a diversidade cultural no Brasil. (BRASIL, 2008b, p.41).

Participam do ENEM alunos que estão concluindo ou que já concluíram o ensino médio em anos anteriores. Conforme Brasil (2002b), esse exame pretende, ainda, alcançar os seguintes objetivos específicos:

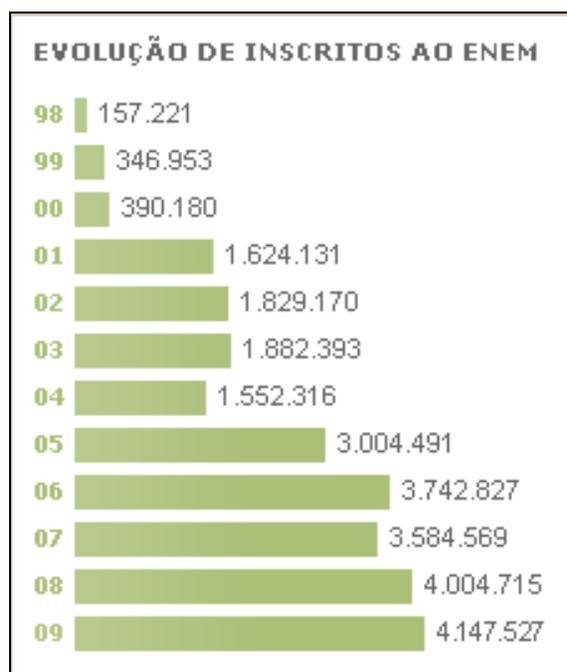
- a) “oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder a sua auto-avaliação com vistas às suas escolhas futuras, tanto em relação ao mercado de trabalho quanto em relação à continuidade de estudos”;
- b) “estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho”;
- c) “estruturar uma avaliação da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes pós-médios e ao ensino superior”.

(BRASIL, 2008b, p.41)

Participando do exame o aluno poderia avaliar sua capacidade de utilizar os conhecimentos adquiridos na escola para resolver problemas presentes no seu dia-a-dia.

Para efetivação do atual trabalho observei o ENEM realizado de 1998, ano de criação, a 2010. Em 1998 o ENEM teve apenas cerca de 150 mil participantes. No ano de 2009, doze anos depois, o número de concluintes e egressos do Ensino Médio que realizaram o exame, voluntariamente, aumentou para cerca de 4,1 milhões, resultado de aumento gradual como podemos ver nos gráfico a seguir:

**Gráfico 5.1:** Evolução de inscritos no ENEM.



**Fonte:** Ministério da Educação, INEP – 2009.

Como se pôde perceber, o exame não teve grande adesão no início. Para que isso ocorresse, foram instituídos alguns incentivos como: a isenção do pagamento da inscrição de alunos oriundos de escolas públicas, e o estímulo para que Instituições de Ensino Superior (IES) utilizem sua nota como instrumento de seleção para o acesso a cursos de graduação. Outra consequência para a ampliação do exame foi a promoção e a categorização promovido como propaganda de metodologia de ensino exaltadas pelos melhores índices obtidos no exame, fazendo com que fosse despertado o interesse de instituições particulares de ensino à prova.

Em 2009 houve uma reformulação do ENEM, proposta apresentada pelo Ministério da Educação revelando algumas mudanças na constituição da prova. Sua utilização ganhou mais importância e também foi tomada como forma de seleção unificada nos processos seletivos de algumas universidades públicas federais.

Segundo o MEC, a nova proposta busca como principais objetivos:

Democratizar as oportunidades de acesso às vagas federais de ensino superior, possibilitar a mobilidade acadêmica e induzir a reestruturação dos currículos do ensino médio. A grande vantagem que o MEC está buscando com o novo ENEM é a reformulação do currículo do ensino médio. O vestibular nos moldes de hoje produz efeitos insalubres sobre

o currículo do ensino médio, que está cada vez mais voltado para o acúmulo excessivo de conteúdos. A proposta é sinalizar para o ensino médio outro tipo de formação, mais voltada para a solução de problemas. Outra vantagem de um exame unificado é promover a mobilidade dos alunos pelo País. Centralizar os exames seletivos é mais uma forma de democratizar o acesso a todas as universidades. O Ministério da Educação apresentou uma proposta de reformulação do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e sua utilização como forma de seleção unificada nos processos seletivos das universidades públicas federais. (BRASIL/MEC, 2010, s.p.)

De acordo com Brasil/MEC (2010), a média de desempenho obtida no ENEM é cada vez mais imprescindível para pleitear uma vaga nas instituições de ensino superior que adotarem o exame como ferramenta de seleção, de maneira integral ou parcial. Além disso, o ENEM continua a servir como referência para uma auto-avaliação sobre o ensino médio e qualidade do ensino, e sua nota continuará a ser critério de seleção de bolsas de estudo no Programa Universidade para Todos (ProUni) e mais recentemente como avaliador em substituição ao vestibular tradicional nas universidades federais do nosso país.

## **5.2 Análise de questões do ENEM**

Visando recortar do Exame Nacional do Ensino Médio observando questões ligadas ao ciclo do carbono, observei atentamente as questões das provas aplicadas entre os anos de 1998 a 2010 e pude perceber que a abordagem de ciclos e sistemas globais, sempre foram privilegiados, com maior ou menor destaque, esta informação confirma, o que vemos em SOUZA(2010) e GALVÃO (2010), que dedicaram árdua pesquisa e estudo sobre como o ENEM trabalha o tema aquecimento global/mudanças climáticas em suas provas, puderam concluir que isto se deve principalmente pelo fato da prova buscar utilizar assuntos em voga na mídia e no cotidiano, como vemos em SOUZA (2010),

[...] artigos de cunho científico direcionado ao público especializado e as mídias direcionadas ao público leigo foram utilizadas pelo ENEM (Exame Nacional para o Ensino Médio) para a formulação de algumas questões que abordavam algum aspecto do tema aquecimento global. Digo algum aspecto do tema, pois existem para ele diferentes possibilidades de abordagem, tais como discussões no âmbito puramente das ciências da natureza, no cenário da política mundial (geopolítica), no campo econômico, no aspecto das suas implicações sociais e ambientais e ainda todas essas possibilidades interligadas. (SOUZA, 2010, p.02)

E ainda GALVÃO (2010):

[...]o ENEM no caso do Ensino Médio, têm um caráter de contribuir e participar do ensino de certos conhecimentos, produzir determinados sentidos sobre diversas temáticas sociocientificamente relevantes, diretamente ou indiretamente, e participar da formação dos currículos escolares e da formação escolar dos leitores de ciências. (GALVÃO, 2010, p.23)

Coincidentemente a realização desta pesquisa apontou muitas semelhanças ao estudar ciclos no ENEM. É sabido que mesmo que o “fenômeno” aquecimento global e consequentemente o carbono em seu ciclo, seja pesquisado há muitos anos, em tempo mais recente tem assumido grande destaque midiático atingido status de popular, se tornando alvo de documentários, reportagens e discursos diversos que chegam também aos meios escolares promovendo discussões.

Ao todo durante os 11 anos de aplicação do ENEM observadas nesta pesquisa, foram destinadas 45 questões do universo de 1053 questões, em que o tema, os ciclos biogeoquímicos, gás carbônico ou a abordagem sistêmica das esferas terrestres sejam elas globais ou locais, assim como seus assuntos correlatos.

Considerando que o entendimento de ciclos e sistemas é um desafio já que ambos necessitam e da capacidade de pensar considerando inúmeras variáveis e tecendo conexões sobre elas, pude analisá-las sob os referenciais trabalhados utilizado nesta pesquisa que foram:

- Tempo Geológico;
- Diferença entre fenômenos locais/globais;
- A Terra como sistema;
- Relação entre homem e natureza.

Desenvolver a observação de questões que trazem o ciclo do carbono através, de categorias como estas, (intrínsecas principalmente as geociências) são capazes de auxiliar fortemente a formação de um aluno (e futuro cidadão) capaz de distinguir e racionalizar frente a demandas ambientais, como as apresentadas atualmente.

### **5.2.1 Procedimentos de análise de questões do ENEM**

A análise das questões foi regida pelos seguintes procedimentos gerais:

- As questões das provas do ENEM foram selecionadas dentro do total de provas do ENEM de 1998 até 2010, que trabalhem ou abordem ciclo do carbono, ciclos e sistemas terrestres (assim como abordagem sistêmica);
- Realizei a leitura das questões analisadas utilizando os conceitos científicos que pautaram esta pesquisa e foram estudados tanto do ponto de vista de conteúdo bem como do ponto de vista metodológico. Foi dada especial atenção ao estudo dos conteúdos e das concepções geocientíficas.

#### *A Questão e a análise*

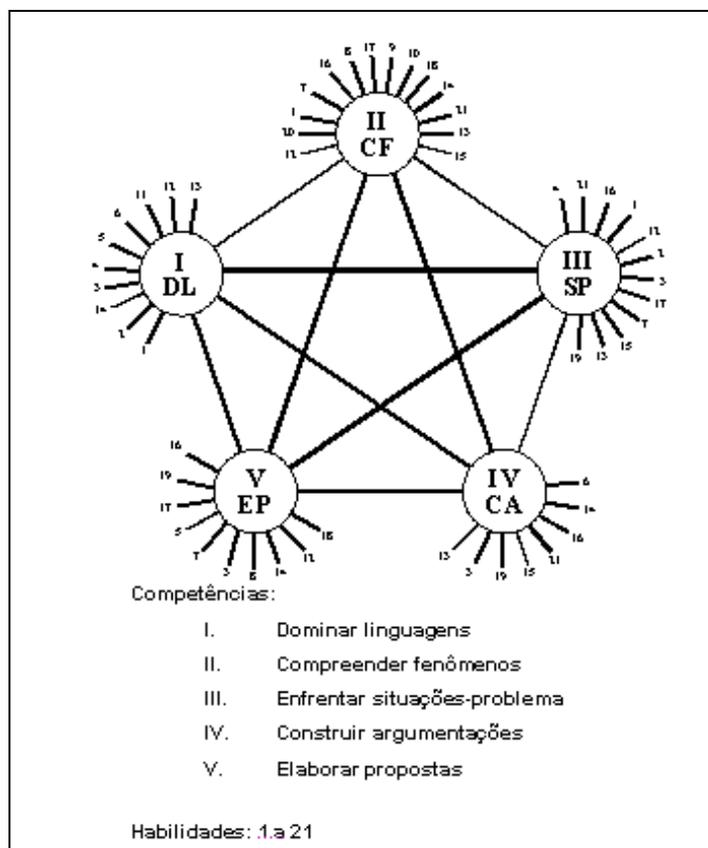
Como mostrado anteriormente, no decorrer da análise das provas do ENEM, pude me deparar com inúmeras questões que se relacionavam, seja abordando o ciclo do carbono, ciclos, gás carbônico, abordagem sistêmica dos processos naturais do nosso planeta, com o intuito de mostrar claramente estas questões elaborei o quadro abaixo, que considera os anos de aplicação da provas e as questões que de alguma forma traziam em seu contexto ligação com minha pesquisa.

**Tabela 5.1:** Questões com abordagem de ciclo, sistema e gás carbônico no ENEM.

<b>ANO</b>	<b>Número de Questões</b>	<b>Questões</b>
1998	1	Q 06
1999	4	Q 34/35/54/58
2000	2	Q 23/ 34
2001	4	Q 22/23/25/43
2002	1	Q 48
2003	0	
2004	1	Q 42
2005	3	Q 13/40/54/
2006	5	Q 12/29/30/31/33
2007	7	Q 12/13/ 39/40/41/42/60/
2008	5	Q 05/ 28/ 06/22/23/
2009	7	Q 01/09/88/86/06/10/32
2010	5	Q 47/51/56/59/79

Após identificar dentre o universo de questões apresentadas durante os anos de provas analisadas, quais traziam em seu contexto uma maior conexão com o uso de ciclos, especificamente o do carbono, e a utilização de sistemas para sua elaboração e posterior resolução, me deparei com algumas possibilidades que traziam ligação com habilidades relacionadas às geociências. Uma vez que o ENEM trabalha com a separação de suas questões por habilidades e competências (como podemos ver na figura abaixo), pude selecionar aqueles que traziam as condições necessárias para a análise.

**Figura 5.1:** Relações entre competências e habilidades na prova do ENEM



Fonte: ENEM (2002, p. 16)

Mais precisamente poderiam estar mais diretamente relacionadas a conhecimentos geocientíficos as seguintes habilidades:

7. Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social, e comparar diferentes recursos e opções energéticas.

8. Analisar criticamente, de forma qualitativa ou quantitativa, as implicações ambientais, sociais e econômicas dos processos de utilização dos recursos naturais, materiais ou energéticos.

9. Compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais, sabendo quantificar variações de temperatura e mudanças de fase em processos naturais e de intervenção humana.

10. Utilizar e interpretar diferentes escalas de tempo para situar e descrever transformações na atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera, origem e evolução da vida, variações populacionais e modificações no espaço geográfico.

13. Compreender o caráter sistêmico do planeta e reconhecer a importância da biodiversidade para preservação da vida, relacionando condições do meio e intervenção humana.

16. Analisar, de forma qualitativa ou quantitativa, situações-problema referentes a perturbações ambientais, identificando fonte, transporte e destino dos poluentes, reconhecendo suas transformações; prever efeitos nos ecossistemas e no sistema produtivo e propor formas de intervenção para reduzir e controlar os efeitos da poluição ambiental.

17. Na obtenção e produção de materiais e de insumos energéticos, identificar etapas, calcular rendimentos, taxas e índices, e analisar implicações sociais, econômicas e ambientais.

(ENEM, 2002, p. 11 – p. 13)

Dentre as questões que no âmbito geral se relacionavam com ciclo do carbono, gás carbônico, ciclos biogeoquímicos e sistemas, observei com mais atenção separando as que me possibilitassem uma análise mais apurada da abordagem de ciclo e sistema no ENEM, para tanto, recortei as questões que se encaixavam especificamente nestas condições, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 5.2:** Questões específicas de ciclo e sistema no ENEM.

ANO	QUESTÃO
1998	Q 06/
1999	Q 34/35/54/58
2000	Q23
2001	Q 22/23/25/43
2002	
2003	
2004	
2005	Q 54
2006	Q 30/33
2007	Q 12/13
2008	Q 05/06/23
2009	Q 01/ 06/10/32
2010	Q 51/56/79

Vejamos alguns exemplos de questões que dentre o universo de possibilidades selecionadas, possuem uma maior representatividade (lembro que todas as questões observadas se encontram nos anexos do trabalho):

Algumas questões que traziam o conceito de ciclo:

- Ano de 2010, questão 51

**Questão 51**

O texto “O vôo das Folhas” traz uma visão dos índios Ticunas para um fenômeno usualmente observado na natureza:

**O vôo das Folhas**  
Com o vento  
as folhas se movimentam.  
E quando caem no chão  
ficam paradas em silêncio.  
Assim se forma o *ngaura*. O *ngaura* cobre o chão da  
floresta, enriquece a terra e alimenta as árvores.]  
As folhas velhas morrem para ajudar o crescimento das  
folhas novas.]  
Dentro do *ngaura* vivem aranhas, formigas, escorpiões,  
centopeias, minhocas, cogumelos e vários tipos de  
outros seres muito pequenos.]  
As folhas também caem nos lagos, nos igarapés e igapós.

A natureza segundo os Ticunas/Livro das Árvores.  
Organização Geral dos Professores Bilingües Ticunas, 2000.

Na visão dos índios Ticunas, a descrição sobre o *ngaura* permite classificá-lo como um produto diretamente relacionado ao ciclo

- A da água.
- B do oxigênio.
- C do fósforo.
- D do carbono.
- E do nitrogênio.

Fonte: ENEM 2010, questão 51

O gabarito apresentava como alternativa correta a resposta D

A questão acima posta, trazida na prova do ENEM 2010, trouxe com uma abordagem muito interessante sobre o ciclo do carbono, ela se liga a habilidade13 que consiste em: *Compreender o caráter sistêmico do planeta e reconhecer a importância da biodiversidade para preservação da*

*vida, relacionando condições do meio e intervenção humana.* Ela aborda conhecimentos bem específicos do funcionamento de ciclos biogeoquímicos, especificamente em ciclo do carbono, pois relata em um texto bem característico a reciclagem química, ou seja, a transformação orgânica dos elementos que são compostos de carbono.

O texto da questão faz referência ao fenômeno descrito por uma tribo (ngaura), que observam o funcionamento natural dos elementos terrestres, é importante dizer que este recorte “local” de um acontecimento “global” é capaz de descrever com clareza (ainda que limitado pela visão intimista) uma parte do funcionamento do ciclo, desta forma se o aluno propõe uma resolução e não conseguir transitar pelas diferentes escalas do funcionamento do ciclo do carbono, se tornaria impedido de compreender a questão.

Esta questão traz ainda uma reflexão sobre a presença antrópica frente a fenômenos naturais, já que em muitas situações quando abordado o ciclo do carbono, mais especificamente o gás carbônico, somente se estabelece relações de degradação e alteração em um funcionamento natural. Não é o caso desta questão que trabalha, de maneira muito “respeitosa”, a observação humana (indígena) a um fenômeno natural de seu entorno, não explicitando alguma interferência, isso deve ter acontecido por duas razões: ou não se quis explicitar a relação de impacto e transformação evidenciando a resposta ao carbono, ou permitiu-se estabelecer uma relação de mutualidade por se tratar de um povo indígena, que tradicionalmente é conhecido pelo respeito à natureza.

Destaco ainda, que a abordagem feita através do relato, evidencia a passagem do tempo de forma longa, fazendo-se entender como um processo contínuo e constante, mas que em nenhum momento parece ultrapassar o tempo humano, não trabalhando a idéia de tempo geológico, sempre intrínseco ao funcionamento do sistema terrestre.

É interessante notar que entre as alternativas de resposta se encontram os elementos que compõem os mais estudados ciclos biogeoquímicos ainda no ensino de Biologia, contudo, para concretização de acerto é necessário ao aluno estabelecer distinção dos diferentes ciclos e seu funcionamento, algo muitas vezes complexo.

- Ano 2008 questão 06.

Questão 6

Os ingredientes que compõem uma gotícula de nuvem são o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Em torno desse núcleo, que consiste em uma minúscula partícula em suspensão no ar, o vapor de água se condensa, formando uma gotícula microscópica, que, devido a uma série de processos físicos, cresce até precipitar-se como chuva.

Na floresta Amazônica, a principal fonte natural de NCN é a própria vegetação. As chuvas de nuvens baixas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs, aerossóis, à superfície, praticamente no mesmo lugar em que foram gerados pela floresta. As nuvens altas são carregadas por ventos mais intensos, de altitude, e viajam centenas de quilômetros de seu local de origem, exportando as partículas contidas no interior das gotas de chuva. Na Amazônia, cuja taxa de precipitação é uma das mais altas do mundo, o ciclo de evaporação e precipitação natural é altamente eficiente.

Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.

Paulo Artaxo et al. O mecanismo da floresta para fazer chover. *Ar. Scientific American Brasil*, ano 1, n.º 11, abr. 2003, p. 38-45 (com adaptações).

Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente

- Ⓐ da produção de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração das árvores.
- Ⓑ da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
- Ⓒ das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.
- Ⓓ das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.
- Ⓔ da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

Fonte: ENEM 2008, questão 06

O gabarito apresentava como alternativa correta a resposta B

Para sua resolução o aluno deveria associar diferentes conhecimentos, em geociências e biologia, ter tido acesso aos conteúdos de geomorfologia e clima da região amazônica, ou seja, o aluno teria que desenvolver a capacidade de transição de diferentes áreas para a compreensão dos fenômenos apresentados no enunciado, seria necessário ainda, uma visão global do funcionamento dos complexos apêndices de um bioma como o Amazônico.

Esta questão foi elaborada seguindo a base de duas habilidades a número 09, que consiste que o aluno possa, *compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais, sabendo quantificar variações de temperatura e mudanças de fase em processos naturais e de intervenção humana.* E a número 13, que diz que o aluno deve *compreender o caráter sistêmico do planeta e reconhecer a importância da biodiversidade para preservação da vida, relacionando condições do meio e intervenção humana.*

A questão traz muito claramente o ser humano relacionado ao problema posto, a ação humana sobre o meio natural, isto fica evidente quanto é dito em seu enunciado que, *Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.* Neste contexto fica claro que o funcionamento “normal” do ciclo da água apresentado anteriormente e responsável pela manutenção do bioma amazônico foi totalmente alterado pela presença e ações humanas, que promoveram uma intervenção destrutiva, sendo esta capaz de interferir em um ciclo natural modificando o ambiente pré-existente. O mais interessante neste contexto é que mesmo apontando o ser humano como grande “vilão” na alteração do ciclo da água e tendo uma alternativa de resposta que comprove este discurso, a opção apontada pelo gabarito como correta é a alternativa B, que diz que o ciclo hidrológico depende fundamentalmente da *evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs* não destacando a presença humana.

Faço aqui uma observação, antes da continuidade desta representação, pois como dito anteriormente por sua importância nacional o ENEM sua constituição e abordagem se tornou um parâmetro para inúmeras instituições escolares, assim sendo é de grande agravo “separar” das ciências naturais e suas tecnologias, disciplinas tão capazes no entendimento das questões naturais que se apresentam com urgência nos dias de hoje como é o caso da história e geografia, mesmo tendo como fio condutos a interdisciplinaridade e a proposta de questões que remetem ao cotidiano, em muitas questões há uma separação de conteúdos e conceitos, se tornando uma agrave para a construção de um saber único e compreensão do todo.

Podemos notar que é o caso de assuntos relacionados ao conhecimento sistêmico/ciclo, e mais amplamente abordado nas provas o aquecimento global e seus acoplamentos e conexões, que deveriam ser abordados objetivando a interdisciplinaridade e a construção multidisciplinar como base de conhecimento e elaboração, estes temas “escapam” a organização do ENEM sendo, levemente abordado quando em relação a Biologia.

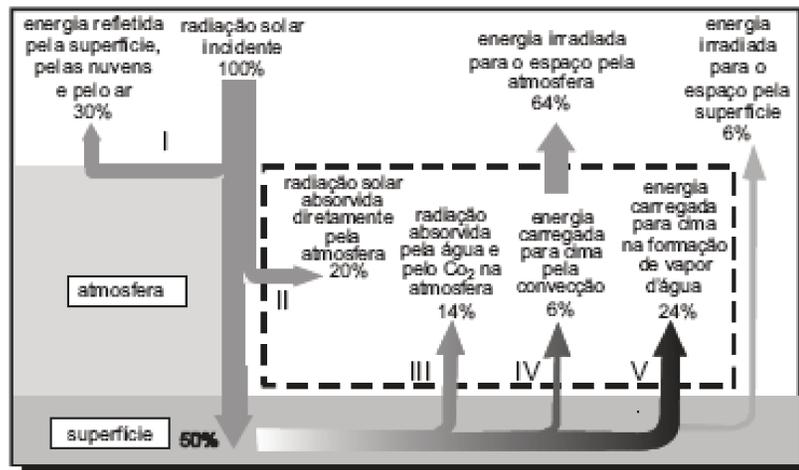
Atentando para esta questão, irei tecer algumas considerações mais precisas sobre uma questão específica do ENEM 2009, que representa bem o contexto apresentado anteriormente.

Um exemplo de questão com uma abordagem sistêmica:

- Ano de 2008, Questão 23

### Diagrama para as questões 22 e 23

O diagrama abaixo representa, de forma esquemática e simplificada, a distribuição da energia proveniente do Sol sobre a atmosfera e a superfície terrestre. Na área delimitada pela linha tracejada, são destacados alguns processos envolvidos no fluxo de energia na atmosfera.



Raymond A. Serway e John W. Jewett. *Princípios de Física*, v. 2, fig. 18.12 (com adaptações).

Questão 22

Com base no diagrama acima, conclui-se que

- A a maior parte da radiação incidente sobre o planeta fica retida na atmosfera.
- B a quantidade de energia refletida pelo ar, pelas nuvens e pelo solo é superior à absorvida pela superfície.
- C a atmosfera absorve 70% da radiação solar incidente sobre a Terra.
- D mais da metade da radiação solar que é absorvida diretamente pelo solo é devolvida para a atmosfera.
- E a quantidade de radiação emitida para o espaço pela atmosfera é menor que a irradiada para o espaço pela superfície.

Fonte: ENEM 2008, questão 22

O gabarito apresentava como alternativa correta a resposta D

Questão 23

A chuva é o fenômeno natural responsável pela manutenção dos níveis adequados de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Esse fenômeno, assim como todo o ciclo hidrológico, depende muito da energia solar. Dos processos numerados no diagrama, aquele que se relaciona mais diretamente com o nível dos reservatórios de usinas hidrelétricas é o de número

- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.
- E V.

Fonte: ENEM 2008, questão 23

O gabarito apresentava como alternativa correta a resposta E

As duas questões relacionadas ao gráfico apresentam uma conjuntura muito grande de diferentes áreas do conhecimento, ou seja, conceitos básicos de disciplinas diversas como: Física, Biologia, Geografia, trazendo ainda conceitos tradicionalmente ligados as geociências, como as diferentes esferas terrestres, o tempo geológico e principalmente o conceito sistêmico de funcionamento do nosso planeta.

Especificamente elas se relacionam, com as seguintes habilidades:

Questão 22, habilidade requerida do aluno número 17, onde cobra a capacidade de compreensão *“Na obtenção e produção de materiais e de insumos energéticos, identificar etapas, calcular rendimentos, taxas e índices, e analisar implicações sociais, econômicas e ambientais”*.

Já a questão 23, avalia o aluno segundo a habilidade 09, em que ele seja capaz de, *compreender o significado e a importância da água e de seu ciclo para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais, sabendo quantificar variações de temperatura e mudanças de fase em processos naturais e de intervenção humana.*

Já as duas entendem que é necessário:

Habilidade 13 - *Compreender o caráter sistêmico do planeta e reconhecer a importância da biodiversidade para preservação da vida, relacionando condições do meio e intervenção humana*

A interdisciplinaridade tanto discutida no Enem, e trabalhada nas escolas traz consigo a estruturação do pensamento sistêmico, principalmente quando encontramos questões referentes ao ambiente e suas alterações. Mas como pode-se notar na questão assim estabelecer essas conexões não é tarefa fácil uma vez que a maioria dos alunos ainda vem a terra sob particionamentos dos conhecimentos acadêmicos, muitos deles não sendo capazes de união.

Outro ponto relevante a esta questão é o uso de uma grande gama de conceitos das geociências, implícitos em seu contexto, como tempo geológico, já que se os fenômenos tratados nas questões trabalham variações de energia (participação do sol) e ciclo, fenômenos realizados em tempo muito diferente ao tempo humano.

É uma questão de complexa elaboração e resolução, e mostra o quão complicado se faz a abordagem cíclico-sistêmica no ambiente escolar.

Estas questões trabalham de maneira um tanto singular a relação humano/natural uma vez que, diferentemente das anteriores, em que se tem um sistema biológico em equilíbrio sofrendo alterações que seriam devido a ação humana, aqui não necessariamente, ou melhor, aqui pode

haver influência sobre o humano-tecnológico-social-econômico (produção de energia elétrica) se houver mudança no natural (energia solar) e a conexão disso é o ciclo da água.

Há ainda a abordagem da questão 22 que descreve fenômenos naturais, que ocorrem distintos a presença humana, ou seja, olhando o gráfico, e as alternativas propostas, o ser humano não é relacionado diretamente aos fenômenos.

### 5.3 Analisando o Ciclo do Carbono.

**Questão 6**

O ciclo biogeoquímico do carbono compreende diversos compartimentos, entre os quais a Terra, a atmosfera e os oceanos, e diversos processos que permitem a transferência de compostos entre esses reservatórios. Os estoques de carbono armazenados na forma de recursos não renováveis, por exemplo, o petróleo, são limitados, sendo de grande relevância que se perceba a importância da substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis.

A utilização de combustíveis fósseis interfere no ciclo do carbono, pois provoca

- A** aumento da porcentagem de carbono contido na Terra.
- B** redução na taxa de fotossíntese dos vegetais superiores.
- C** aumento da produção de carboidratos de origem vegetal.
- D** aumento na quantidade de carbono presente na atmosfera.
- E** redução da quantidade global de carbono armazenado nos oceanos.

Fonte: ENEM 2009, questão 06

**CN – 1º dia CADERNO 1 – AZUL – PÁGINA 1 ENEM 2009**

O gabarito apresentava como alternativa correta a alternativa D

## Contexto da questão

Esta questão foi apresentada e aplicada no ENEM de 2009, em um ano em que a prova trouxe 07 questões sob temas relatos e co-relatos a aquecimento global.

A elaboração desta questão privilegia o aluno que possui as seguintes habilidades:

- ✓ Habilidade 08 - Analisar criticamente, de forma qualitativa ou quantitativa, as implicações ambientais, sociais e econômicas dos processos de utilização dos recursos naturais, materiais ou energéticos
- ✓ Habilidade 13 - Compreender o caráter sistêmico do planeta e reconhecer a importância da biodiversidade para preservação da vida, relacionando condições do meio e intervenção humana.

As habilidades exigidas pela questão e que são consideradas em sua elaboração traduzem muitos conteúdos geocientíficos que vêm à tona quando devemos trabalhar assuntos ligados ao ambiente terrestre.

É importante destacar que o número crescente de questões sobre o assunto na prova se apresenta logo após um “explosão” de discussão e abordagem do assunto em diferentes meios, acadêmicos, científicos, escolares, midiáticos, políticos, etc...transformando o assunto um tema popular, mas diferentemente dos anos anteriores essa é uma questão bastante científica, e pouco midiática, uma abordagem distinta da efetuada até então.

Essa abordagem surgiu após uma intensa apresentação de informações trazidas principalmente pela mídia através da divulgação na televisão, jornais, revistas, do último relatório do IPCC ao longo de 2007, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) se tornou uma das referências mais citadas nas discussões sobre mudança climática. O órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) divulgou quatro capítulos que, juntos, formam um relatório sobre o aquecimento global hoje.

Mas como se deu a pesquisa do IPCC? Como se dá o compilamento e confecção dos dados? A estrutura do IPCC é organizada da seguinte forma: um grupo técnico responsável pela coordenação do Painel define a composição de três grupos de cientistas. O Grupo I trata das bases científicas das mudanças climáticas; o Grupo II avalia o impacto das mudanças climáticas sobre o planeta e suas consequências para a população; e o Grupo III analisa as possibilidades de mitigação das mudanças climáticas, através da redução das emissões de gases-estufa.

Os cientistas são, então, convocados a partir da sua produção científica e nacionalidade. Ao longo de quatro anos, os cientistas se reúnem para fazer um balanço sobre a produção científica em torno do tema escolhido. Para o quarto relatório, por exemplo, cerca de 2500 cientistas provenientes de 130 países tiveram suas publicações científicas consultadas.

O documento gerou tanta repercussão que o comitê de premiação do Nobel decidiu dedicar o honroso Prêmio Nobel da Paz ao IPCC - junto com o ex-vice-presidente americano Al Gore -, por seu trabalho de conscientização da comunidade e dos líderes internacionais para o problema e as conseqüências da mudança climática.

Desde a criação do grupo, neste ano, pela primeira vez, os cientistas reunidos no IPCC demonstraram tanta confiança em que a mudança climática se deve à ação humana, sobretudo através da emissão de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>), que causam o efeito estufa, porém, por falta de dados, o IPCC ainda não pode dar esta suposição como certa. Mas os estudos publicados e analisados permitiram ao órgão qualificá-la como "muito provável" (ou seja, com mais de 90% de certeza). No relatório de 2001, o IPCC considerou essa hipótese apenas como "provável" (com mais de 66% de certeza).

Cabe aqui ressaltar que é difícil medir o impacto político e midiático efetivo do relatório e do processo. O que é possível afirmar é que a repercussão das conclusões do IPCC e a ampla cobertura que a mídia em todo o mundo tem dado ao assunto, especialmente por causa do trabalho do grupo, colocaram definitivamente a mudança climática entre as grandes questões mundiais e um dos principais temas da agenda política em diversos países.

A questão, por mim agora mais abrangentemente analisada, tem como pano de fundo principal a controvérsia sobre a origem em torno do tema aquecimento global antropogênico ou não. Nela aparecem aspectos químicos, geocientíficos e econômicos relacionados ao tema, além dos aspectos ligados ao ciclo do carbono mais diretamente.

Como eixo principal, as discussões sobre as causas do aquecimento ficam em segundo plano, sendo dada ênfase a outros pontos controversos da problemática decorrentes de um posicionamento que aponta para o sentido de que o suposto aquecimento do planeta nas últimas décadas seja fruto de causas antrópicas e de que o ser humano altera os acoplamentos e funções naturais do ciclo do carbono. Por exemplo, se a interferência no ciclo do carbono como a utilização dos combustíveis fósseis e a causa do aquecimento global? Quais são os processos que permitem a transferência de carbono em seus diferentes reservatórios? Qual a importância dos

organismos fotossintetizantes para o equilíbrio deste sistema? Entendemos que, se estes e outros pontos estão presentes na questão de forma direta ou indireta, elas nos dão pistas do sentido direcionado pela questão em relação à controvérsia da mudança climática.

Na análise da questão, buscamos contribuir para a compreensão da maneira como o discurso em torno do tema é construído através da utilização de diferentes formas de linguagem e relações com o contexto. Portanto, como discutido anteriormente pretendemos analisar os sentidos produzidos pela questão e os aspectos de suas condições de produção e que escolhas são priorizadas ao abordarmos este complexo assunto.

### *Sobre a questão*

O enunciado da questão inicia trabalhando o carbono, dentro de um contexto maior, ou seja, como um ciclo biogeoquímico, o que já destoa da forma como ele é trabalhado principalmente na mídia, pois em muitas ocasiões esquece-se que o ciclo do carbono, é somente **mais** [grifo nosso] um ciclo biogeoquímico juntamente com outros elementos (água, fósforo, enxofre...), que compõem o sistema terrestre. Caso o leitor possua este discernimento ele poderia compreender o que o enunciado a seguir apresentado irá se referir a UM dos componentes do sistema terrestre.

Como forma de elucidação do conceito proposto a aluno na forma de avaliação, é necessário um bom entendimento do conceito de ciclo que basicamente se resume ao estudo realizado no ensino médio, sob a óptica da biologia, onde, com vimos, o ciclo biogeoquímico é o percurso realizado no meio ambiente por um elemento químico essencial à vida. Ao longo do ciclo, cada elemento é absorvido e reciclado por componentes bióticos (seres vivos) e abióticos (ar, água, solo) da biosfera, e às vezes pode se acumular durante um longo período de tempo em um mesmo lugar. É por meio dos ciclos biogeoquímicos que os elementos químicos e compostos químicos são transferidos entre os organismos e entre diferentes partes do planeta.

A questão traz à tona a importância do estudo e a compreensão dos ciclos biogeoquímicos já que eles podem ajudar a identificar potenciais impactos ambientais causados pela introdução de substâncias potencialmente perigosas à manutenção do equilíbrio nos diversos ecossistemas.

As relações entre os organismos vivos e o ambiente físico caracterizam-se por uma constante permuta dos elementos, em uma atividade cíclica. Na verdade, o fenômeno é

estritamente cíclico apenas em relação ao aspecto químico, no sentido de que os mesmos compostos químicos alterados se reconstituem ao final do ciclo.

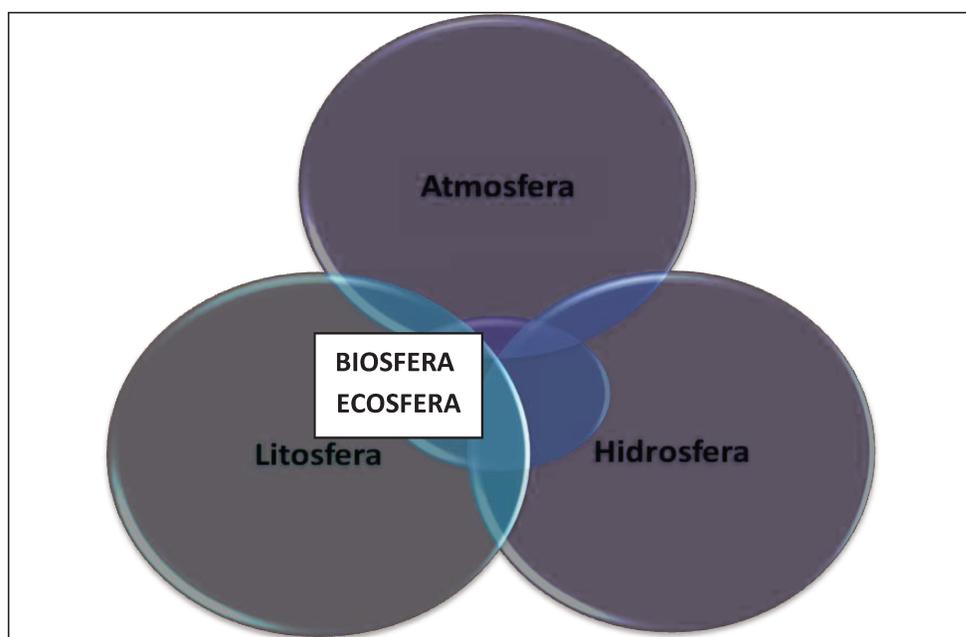
Cabe ressaltar de maneira ainda mais importante que o ciclo do carbono, aliado aos demais ciclos e a inúmeros fatores (como energia), fazem parte de um sistema dinâmico e complexo que em poucos momentos é abordado na escola. Além disso, o estudo e compreensão dos sistemas terrestres incluem uma discussão ainda mais complexa que inclui o homem como agente modificador e participante destes processos já que estão todos interligados num TODO.

Outro fato relevante que é trazido nesta expressão se faz justamente pela descrição de *biogeoquímico*, já que somente pelo entendimento da palavra o elemento carbono, passa pela biologia, geociência e química, ou seja, “viaja” interdisciplinarmente dentro de conteúdos de diferentes escolas acadêmicas, não podendo assim ser entendido em uma única forma e visão, como geralmente acontece pelo assunto ser abordado primordialmente em Biologia, tendo assim uma única visão sobre o assunto.

Seguindo o enunciado traz, ... *Compreende diversos compartimentos, entre os quais a Terra, a atmosfera e os oceanos, e diversos processos que permitem a transferência de compostos entre esses reservatórios.* É interessante notar que até o momento as relações de passagem do ciclo destacam sua naturalidade, seu funcionamento nas diferentes esferas, (citadas como reservatórios), e sua circulação, apresentadas de forma natural e contínua, sem porem citar quando e quanto tempo ocorre/ocorreu estes processos descritos. Destaco também que mesmo não sendo declarado diretamente que estes compartimentos fazem parte de uma processo maior e de fundamental importância para manutenção da vida como conhecemos, o leitor mais atento pode desenvolver uma macro visão do funcionamento do CO<sub>2</sub>, algo muitas vezes não trabalhado no sistema educacional.

O estudo das compartimentações e esferas terrestres tornam-se vitais para uma compreensão ampliada de conceito destinados ao estudo do ciclo do carbono e conseqüentemente do aquecimento global e/ou mudanças climáticas, podemos observar isso em Carneiro, 2000 que diz, que para compreender o que acontece em nosso planeta, separamos os materiais terrestres e os processos típicos em grandes domínios são as chamadas esferas terrestres, mas devemos lembrar sempre que o planeta é um todo, unificado.

**Figura 5.2:** As esferas terrestres



Adaptado de Carneiro (2000)

O enunciado da questão acima analisada relata de forma muito sucinta a atmosfera, porém no decorrer do enunciado ficam implícitas as demais esferas terrestres. Outro ponto de discordância da abordagem dada ao assunto traz os reservatórios do ciclo do carbono como importantes compartimentos, a efetivação destes diferentes reservatórios se faz nas diferentes esferas, ou seja, são conteúdos ligados diretamente.

Lembramos que o sistema terrestre pode ser dividido em quatro “geoesferas”, cujo relacionamento criou ambientes que permitiram o surgimento, desenvolvimento e sustentação da vida. Essas esferas são: a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera. Ao colocar a intervenção dentro desse processo, a questão está colocando uma nova esfera, na relação com as outras... a tecnosfera ou noosfera...

**Litosfera:** a litosfera (conhecida também como crosta terrestre) é a camada sólida mais externa da Terra. É formada por rochas e minerais e compreende a crosta continental e oceânica. É na litosfera que ocorrem as interações com as outras esferas, criando assim condições para o surgimento e desenvolvimento da vida na superfície terrestre.

**Atmosfera:** é a camada gasosa que envolve a Terra. A partir de sua superfície da Terra, até uma altura aproximada de 800 km, é formado por gases, principalmente o nitrogênio, o oxigênio e por gases menores, entre eles o vapor de água e o dióxido de enxofre.

**Hidrosfera:** é composta por toda água da Terra: águas glaciais, águas dos oceanos e mares, dos rios, das fontes, dos lagos e também as águas dos lençóis d'água subterrâneos. Da hidrosfera as águas marinhas e salobras correspondem a 97,4% e os restantes 2,6% são água doce, o que mostra a imensidão das águas marinhas e conseqüentemente sua importância sob vários aspectos como fonte alimentar, meio de transporte, depósito petrolífero e de minerais, por exemplo.

**Biosfera:** é a esfera de vida da Terra. Ela compreende as porções de terra, mar e águas continentais habitadas pelos seres vivos. O homem integra e depende diretamente das relações que se desenrolam no interior da biosfera. Há milhares de anos o homem se encontra adaptado à biosfera terrestre e sua ausência significa o fim da própria humanidade.

**As relações entre as esferas:** Litosfera e Atmosfera: as relações entre a litosfera e a atmosfera resultam em processos como a erosão e intemperismo. Litosfera e Hidrosfera: resulta na formação de águas subterrâneas, de cavernas e de aquíferos, além da erosão causada pelas águas superficiais. Atmosfera e Hidrosfera: suas relações refletem-se nos vários fenômenos meteorológicos do dia-a-dia: chuva, neve, granizo, nevoeiro e o ciclo da água, essencial para a vida, realiza-se nessas duas esferas. A Biosfera: por sua vez é conseqüência do inter-relacionamento dessas esferas, criando o ambiente adequado para o desenvolvimento da vida.

Ressaltamos ainda sobre esta passagem do texto introdutório a questão, a citação: *diversos processos que permitem a transferência de compostos entre esses reservatórios*, mesmo a deposição nos reservatórios de carbono e sua transferência ocorrendo em largo espaço de tempo, isso não é colocado, levando o leitor não conhecedor da utilização do tempo geológico como norteador de tempo para processos terrestres, talvez inquirir que essa *transferência* se dá de forma rápida e instantaneamente, o que não é verídico. Aqui, caberia a mediação do professor, se fosse em sala de aula.

Outro ponto de destaque é que ao trazer o conceito de reservatório de carbono eles enumerados de maneira igualitária, sem qualquer distinção em sua forma e volume, o que vemos não corresponde aos dados conhecidos pela comunidade científica de seus reservatórios.

**Tabela 5.3:** Concentração de Carbono em Seus Reservatórios

Reservatório	Quantidade	Observações
<b>Hidrosfera</b>	<b>38 000 bilhões de toneladas</b>	> <b>Principalmente CO<sub>2</sub> em solução</b>
<b>Atmosfera</b>	<b>750 bilhões de toneladas</b>	> <b>Sob forma gasosa, principalmente CO<sub>2</sub>;</b> > <b>A fotossíntese retira cerca de 120 bilhões de toneladas, mas a respiração e a decomposição de seres vivos devolve aproximadamente a mesma quantidade</b>
<b>Biosfera</b>	<b>560 bilhões de toneladas</b>	> <b>Virtualmente em todas as moléculas que constituem os seres vivos;</b> > <b>Os seres vivos ainda não decompostos e a matéria orgânica nos solos correspondem a cerca de 1 400 bilhões de toneladas</b>
<b>Litosfera</b>	<b>muitos milhares de bilhões de toneladas</b>	> <b>Carvão e calcários provenientes da acumulação de restos de seres vivos; precipitação sob forma de carbonatos, etc.;</b> > <b>Só os clatratos (complexos de água e metano) dos sedimentos oceânicos e do permafrost retêm cerca de 11 000 bilhões de toneladas</b>

**Fonte:** Adaptado de MEC/SEF/MCT/INPE, Mudanças Climáticas, vol 13. 2009.

É sabido através do estudo dos acoplamentos do ciclo do carbono que a transição de carbono entre seus reservatórios não ocorre de forma rápida e dinâmica, e que a variação da quantidade do elemento em cada unidade passou por variação ao longo do tempo geológico.

O ciclo do carbono em sua complexidade e extensos compartimentos é considerado um dos mais dinâmicos elementos do sistema terrestre, sua importância é vital uma vez que o elemento carbono é responsável pela manutenção da temperatura da Terra em níveis que possibilitem a vida como a conhecemos. Ele é considerado o “motor químico” que fornece energia e massa à maior parte da vida na Terra, além de estar intimamente relacionado com a regulação da atmosfera global e, conseqüentemente, com o clima. Ele poder ser dividido em duas partes, o ciclo terrestre e o ciclo marinho, ambos com um reservatório comum: a atmosfera (MEC/SEF/MCT/INPE, vol. 13. 2009, p.41).

Continuando o enunciado... *Os estoques de carbono armazenados na forma de recursos não renováveis, por exemplo, o petróleo, são limitados, sendo de grande relevância que se*

*perceba a importância da substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis.* Trabalha o armazenamento de carbono, para citar o petróleo, que até o presente momento não havia aparecido no texto, ele é trazido para que se destaque sua utilização. Cabe aqui salientar que o texto não fala das consequências do uso do petróleo, só trabalha com a preocupação por sua produção ser limitada e haver uma grande dependência frente a sua utilização mundial. Sendo assim, sua substituição (segundo propõe o enunciado) deve ser feito, porque ele vai acabar e nós (seres humanos) precisamos encontrar uma fonte de energia que não acabe. As questões ambientais, os discursos sobre uso/consequência dos combustíveis fósseis não são relevantes a questão até o momento.

A pergunta principal a ser respondida pelo enunciado apresentado é: *A utilização de combustíveis fósseis interfere no ciclo do carbono, pois provoca...* O aluno tem que ser capaz de identificar a consequência do uso do petróleo, (citado no enunciado apenas como um dos reservatórios) no ciclo do carbono (até então só trabalhado de forma natural). Há aí uma contradição já que não se fala deste **uso** do petróleo, causas, consequências, como se dá, será que realmente é capaz de interferir em processos naturais que ocorrem a milhares de anos?

Como vimos acima ao observar com mais atenção os reservatórios naturais do ciclo do carbono, esta colocação de *interferência* em processo natural, que apresentou variações sem a interferência humana durante o tempo geológico, é uma controvérsia, já que não há comprovações científicas sobre a capacidade de alteração neste ciclo (pelo menos não há provas específicas que esta interferência é a causa específica destas mudanças climáticas).

Uma informação importante que se faz ausente no enunciado desta questão e que foge ao padrão colocado quanto a abordagem de conteúdos co-relatos ao aquecimento global, é a ausência da origem dos dados, ou seja, não há referencia de fonte ou de onde as informações trazidas foram retiradas. Isso decorre em questionamentos quanto a veracidade e organização das informações tratadas e trazidas como referencia para a resolução da questão.

Estes são alguns questionamentos possíveis a introdução da questão. Observaremos então os possíveis sentidos que esta introdução pode trazer em suas possibilidades de respostas.

*As alternativas*

**A- Aumento da porcentagem de carbono contido na Terra.**

Pois se há algum conhecimento de ciclo e equilíbrio esta resposta já seria descartada, já que só há a circulação do carbono pelos diferentes reservatórios, porém, a idéia de que o homem (sujeito oculto a questão) está *tirando* o carbono de um lugar e lançando no ambiente é muito discutida em diferentes meios podendo levar o alunos a considerar tal alternativa.

O sentido posto pela alternativa proposta busca trazer do aluno discursos utilizados principalmente pelos meios de comunicação que propagam que com a revolução industrial e o uso desacerbado de combustíveis fósseis o homem tem sido a causa de um “desequilíbrio” no ciclo do carbono, principal ator do aquecimento global, como vemos em SOUZA (2010) que destaca [...] a sociedade de modo geral, incluindo os estudantes, acreditar que exista consenso científico em torno da questão do *aquecimento global*. Esta visão tem sido extremamente influenciada pela mídia, a qual segundo Silva e Boveloni (2009) tem efetiva participação nos discursos que têm chegado à escola e pelo texto científico-político do IPCC, que atua para produzir essa visão e tem enorme força.

O ENEM ao promover esta alternativa, afirma esta possibilidade de sentido frente ao problema das mudanças climáticas globais, discurso este afirmado pelo IPCC, 2007:

A concentração de dióxido de carbono, de gás metano e de óxido nitroso na atmosfera global tem aumentado marcadamente como resultado de atividades humanas desde 1750, e agora já ultrapassou em muito os valores da pré-industrialização determinados através de núcleos de gelo que estendem por centenas de anos (veja fig. SPM-1). O aumento global da concentração de dióxido de carbono ocorre principalmente devido ao uso de combustível fóssil e a mudança no uso do solo, enquanto o aumento da concentração de gás metano e de óxido nitroso ocorre principalmente devido à agricultura.

(IPCC, 2007, p.03)

O que cabe aqui como um apêndice é que o aquecimento global, ainda não é um consenso, havendo grande número de pesquisadores e cientistas que questionando a veracidade e a gravidade/causa deste possível fenômeno, um deles é OLIVEIRA, 2008:

Para melhor avaliar o significado das mudanças recentes, estas estão colocadas no contexto das flutuações naturais do clima, vistas tanto na escala de tempo de centenas de milhares de anos – o que abrange as glaciações modernas – como na escala da história humana do último milênio. Nesse ponto, estarão dadas as condições para o reconhecimento do caráter anômalo das mudanças climáticas atuais e para a discussão de suas causas.

(OLIVEIRA, 2008, p.18)

Fica claro então, que a colocação da alternativa posta é representa a escolha de um discurso posto, em detrimento a outras opções, direcionando a um sentido determinado ao assunto.

### **B redução na taxa de fotossíntese dos vegetais superiores.**

Até o presente momento as plantas e conseqüentemente a fotossíntese (principal fonte de seqüestro de carbono) não se apresentavam, porém como se levanta o discurso ambientalista do não desmatamento, pode confundir o leitor, que desconhece o funcionamento da fotossíntese, que independe da quantidade de carbono no ambiente.

No ciclo terrestre do carbono as plantas removem CO<sub>2</sub> da atmosfera por meio da fotossíntese. Uma quantidade desse carbono é usada na própria manutenção da planta, o restante de carbono de emitido de volta a atmosfera.

A quantidade global de carbono armazenado nas plantas é relativamente pequena em comparação às grandes quantidades de carbono armazenadas no oceano e em reservatórios de combustíveis fósseis. Porém esse estoque de carbono na vegetação assume importância fundamental devido ao fato de que ele pode aumentar ou diminuir rapidamente, em resposta ao clima ou a intervenção humana (como incêndios florestais e desmatamentos), tendo efeito na concentração de carbono na atmosfera.

Devemos considerar ainda que caso realmente ocorra uma maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, as plantas seriam beneficiadas, já que se observarmos a evolução geológica do planeta as grandes expansões vegetais ocorrem concomitantes ao aumento de gás carbônico atmosférico e elevação da temperatura do sistema terrestre.

### **C aumento da produção de carboidratos de origem vegetal.**

Esta alternativa posta busca observar a capacidade do aluno de interligar o assunto abordado na questão há conteúdos propostos e estudados em Biologia no Ensino médio, já que dentro da disciplina o carboidrato, também conhecidos por hidratos de carbono (hidrocarbonetos), glucídeos, glicídeos ou açúcares, pertencem à classe de substâncias orgânicas, cujas moléculas são formadas por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, sendo a maior forma de reserva energética de vegetais, constituindo então um entendimento que caso haja um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e um consequente aumento na densidade vegetal do planeta, ocasionaria um aumento da produção de carboidratos de origem vegetal, a teoria apresentada porém, não traz comprovação.

### **D aumento na quantidade de carbono presente na atmosfera.**

Alternativa é apresentada como correta, pois traz que a QUEIMA de petróleo, é capaz de modificar a quantidade de CO<sub>2</sub>, de um reservatório a outro, no caso, aumentando o CO<sub>2</sub> atmosférico. Lembrando que o sujeito desta ação (o homem) continua oculto, e que estão variações de CO<sub>2</sub>, em reservatórios também acontece naturalmente, variando durante a formação da Terra.

Mais uma vez é feita a opção frente há tantas possibilidades - o que chamamos na AD de *interdiscurso*, ou seja, frente a um todo de formulações feitas (algumas já esquecidas) é optado por usar uma formulação ou discurso específico – novamente, a opção posta como correta traduz indiretamente a utilização de combustíveis fósseis (tendo o homem como sujeito oculto) é o causador de um “desequilíbrio” (será possível ciclos apresentarem desequilíbrios?) no ciclo do carbono.

Este sentido só é possível graças a propagação e divulgação de discursos ao ponto que mesmo sem a completa comprovação tornam-se verdades absolutas e inquestionáveis, como vemos nos sentidos postos pelo aquecimento global

### **E redução da quantidade global de carbono armazenado nos oceanos.**

Mais uma vez traz os reservatórios de carbono como destaque, já que é sabido que a grande parte do CO<sub>2</sub> está concentrada nos oceanos (segundo maior reservatório), porém isto não quer dizer que o petróleo utilizado foi retirado de tal fonte.

Para entendermos de maneira mais adequada a alternativa posta, deve-se ater que o ciclo do carbono marinho se dá basicamente pelas trocas de CO<sub>2</sub> entre atmosfera e os oceanos, por meio do processo químico de difusão, que depende fundamentalmente da diferença de temperatura entre esses dois reservatórios de carbono. Segundo AEB. Mudanças Climáticas. INPE, basicamente, quando a temperatura do oceano é baixa, há captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera pelo oceano, e quando a temperatura do oceano é alta, há liberação de CO<sub>2</sub> oceano para a atmosfera.

Isso contrasta bastante com o ciclo terrestre do carbono, no qual as maiores taxas de captura de CO<sub>2</sub> estão localizados nos lugares onde há uma vegetação de grande porte e de grande quantidade (zonas tropicais do nosso planeta), enquanto no oceano as maiores taxas de captura de CO<sub>2</sub> se concentram nas regiões temperadas (mares frios).

Outro dado importante ligado ao transporte do carbono obtido no oceano, uma vez que este, capturado na superfície, é transportado para as camadas mais profundas por gravidade e pelas correntes oceânicas, ou ainda podem ser utilizado como fotossintetizante pelo fitoplâncton.

É possível notar que para a resolução adequada da questão é necessário o uso de conceitos que vão muito além dos apresentados no enunciado, este mais uma vez anda em descompasso com as alternativas propostas, tornando-se desnecessário.



## 6. Conclusões

Ao iniciar este trabalho, tinha como fundamental apontar como a noção de ciclo do carbono era abordada no ENEM – esta que é sem dúvida a mais importante avaliação do nosso país – porém, ao me aprofundar e dedicar inúmeras leituras ao assunto pude perceber o quão complexo e dinâmico é o estudo dos ciclos naturais (chamados de bioquímicos ou biogeoquímicos) e principalmente no contexto do funcionamento do sistema terrestre. Se neste contexto as significações sobre o ciclo do carbono já são demasiadamente complexas, como geógrafa não poderia deixar de lado a presença (intervenção), e a relação do humano como o meio natural. Cerceando todo este contexto temos ainda que considerar o contexto histórico-social em que esses sentidos se inserem no momento do de grandes debates em torno de temas como o aquecimento global/mudanças climáticas. Que tem sido eixo norteador de discussões e estudos inúmeros, onde informações e dados se colocam sem apresentar definições e certezas, promovendo discussões e possibilitando a formação de inúmeros sentidos sobre o tema.

Pretendi então, com o presente trabalho, possibilitar aos educadores uma nova perspectiva de inclusão de seus alunos no estudo das mudanças climáticas e aquecimento global através da utilização do ciclo do carbono, que é um importante elemento no funcionamento do sistema global terrestre, e também amplamente abordado nas contínuas avaliações propostas por diferentes meios.

Dissertar concluindo sobre um assunto tão diverso e controverso como é o ciclo do carbono e o aquecimento global foi no mínimo delicado, já que o assunto não possui um único sentido e conclusões entre os meios científicos e acadêmicos. Posto isso é evidente e óbvio que não encontraremos tal consenso também em currículos, imagens, representações e avaliações que estejam ligados ao tema.

O que busquei problematizar foi o fato de que dentre inúmeras representações e possibilidades de abordagens do assunto, na maioria das vezes UM único sentido é escolhido e trabalhado, sendo esta escolha trazida por livros didáticos e mídia e efetivamente reproduzido pela maior avaliação nacional do país o ENEM, que traz o carbono (muitas vezes nem sequer relacionando-o ao seu ciclo) como o grande “vilão” das mudanças climáticas. Mudanças essas

que seriam “causadas” somente pela “intervenção” humana, apagando a significação da complexidade que envolve questões que remetem ao planeta e à nossa relação com ele, a longa história do nosso planeta em seu gigante tempo de formação e transformação constantes que já produziu diferentes eras, períodos gerando oscilações de temperatura (e das oscilações de carbono nestes períodos), em que a Terra experimentou tanto aquecimentos como o resfriamentos. É preciso entender o homem neste processo, e não apagando-o.

Ter analisado o ENEM, cuja relação estabeleci como aluna (quando efetuei o exame após a conclusão do ensino médio) e, depois como docente, e agora como docente/pesquisadora, me permitiu dar visibilidade a sentidos e “escolhas” produzidas a partir de enunciados, perguntas, alternativas de respostas, que em muitas ocasiões traziam consigo um discurso e uma abordagem direcionada do ciclo do carbono. Pude compreender que nessas questões estão colocadas os discursos de diversos atores, e algumas dessas colocações se sobrepõem a outras, que em muitas vezes são silenciadas.

Em nossas primeiras observações pudemos notar que para o ENEM a Terra passa por um aquecimento causado pela emissão antrópica, ou seja, as mudanças do clima na Terra ocorrem diretamente por intervenção humana, principalmente no meio natural, através da utilização de combustíveis fósseis e liberação de gases de efeito estufa – principalmente CO<sub>2</sub> -. Deste modo como a idéia que vem sendo usada, e trabalhada em questões de avaliação como o ENEM, reforça uma concepção de mudança ambiental como resultado de um único fator, (idéia também muito trabalhada pela mídia), numa relação causa e efeito simples, apagando a concepção da Terra como um sistema integrado, em que ciclos variam naturalmente dentro de uma concepção de tempo muito maior do que a da presença humana em nosso planeta.

As interpretações sobre a temática das Mudanças Climáticas Globais estão presentes no ENEM e conseqüentemente entram na escola, por exemplo, pelos professores em suas práticas de sala de aula ao abordarem as questões nas atividades didáticas.

(ZIMMERMAN, 2008)

Pode-se notar, entre outras coisas, que o discurso produzido pelo ENEM sobre as Mudanças Climáticas Globais é produto de uma interpretação que enfatiza aspectos voltados ao aumento da temperatura e a catástrofes que estariam ocorrendo em várias partes do planeta, dando ênfase

somente para o discurso relacionado à manutenção e preservação da vida, principalmente humana, na Terra, as quais são notícias geralmente veiculadas pela mídia.

O discurso apresentado por esse exame direciona somente um sentido e coloca-o como se fosse o único possível, silenciando a questão da pluralidade de perspectivas de considerar essa temática. Diante disso, buscamos colocar em discussão os limites do discurso único, sentido único, dando margem para a polissemia, os múltiplos dizeres, valorizando outras possibilidades pedagógicas, da multiplicidade de sentidos, reforçando a necessidade de refletir sobre uma educação que coloque o aluno/leitor diante das alternativas possíveis sobre um determinado assunto, deixando aparecer a idéia da leitura e versão da realidade.

(GALVÃO, 2010, p.79)

Observamos claramente que falta aos alunos e aos avaliadores, pensar os componentes da Terra – assim como a presença humana – como parte de um sistema maior e complexo onde nem sempre o ser humano é origem de “interferências” e modificações.

O desconhecimento da dinâmica dos sistemas e ciclos responsáveis pela vida na Terra e o consumismo exacerbado levam a desastres ecológicos que precisam ser entendidos em suas raízes. As tecnologias modernas não substituem e nem eliminam o papel da natureza na vida humana, pelo contrário, podem acelerar a destruição de seus recursos

(BRASIL.,2000, p.24)

É sabido e evidente que o homem tem modificado paisagens, processos e o meio natural através da exploração e utilização de recursos como nunca visto antes, durante o tempo histórico, para saber disso, basta a mídia. Mas cabe também propiciar na escola a reflexão de que mudanças já estão em curso mesmo que não as percebemos. E se estas alterações “humanas” podem realmente provocar mudanças em um sistema tão amplo e complexo como o da Terra. E se somos capazes de tal modificação até que ponto ela vai? Como estudar este fenômeno?

É de extrema importância inserir a temática das Mudanças Climáticas Globais no contexto escolar apresentando as controvérsias relacionadas, a multiplicidade de sentidos, pois abre espaço para que os cidadãos tomem parte em discussões científicas que envolvam argumentação e tomada de decisão, levando em conta que as controvérsias e incertezas sobre as possíveis causas

e efeitos do fenômeno conhecido como Aquecimento Global ainda são pouco divulgadas, mas precisam chegar à sala de aula (VIEIRA e BAZZO, 2007).

Algumas conclusões são possíveis, frente ao obtido com este estudo:

- ✓ Apesar dos PCN's e curriculuns proporem uma abordagem que privilegie o estudo da Terra em sua totalidade, o que seria favorecido com uma abordagem sistemática, essa instrução não é refletida em muitos materiais didáticos e posteriormente no ENEM, onde os processos terrestres ainda se encontram particionados;
- ✓ A relação dos sentidos produzida através do ciclo do carbono com a perspectiva epistemológica das geociências, incluindo abordagem sistêmica, evidenciaria outras possibilidades de sentidos,
- ✓ O ENEM tende a relacionar o ciclo do carbono com efeitos catastróficos do aquecimento global, referenciando que este atual “desequilíbrio” na concentração de carbono seria causado pelo homem.
- ✓ Em relação às habilidades que foram avaliadas no conjunto de questões que abordam a temática, pode-se verificar que há uma frequência de escolhas e uso. Outras habilidades seriam necessárias para se compreender essa temática sob um ponto de vista geocientífico, que não estão listadas pelo ENEM.
- ✓ A visão divulgada e estudada nas escolas – e posteriormente cobrada em avaliações - é ainda, predominantemente Biológica, ligada aos ciclos das matérias, sendo praticamente inexistente uma abordagem que relacione o assunto a outros conhecimentos e disciplinas.

Por que divulgar somente uma possibilidade quando o crescimento e o desenvolvimento científico a ser trabalhado com os alunos trazem tantos sentidos e questionamentos em uma única questão?

É possível um problema com uma única solução quando nos vemos diante de inúmeras variáveis que compõe o funcionamento do nosso planeta? Como elaborar uma avaliação que envolva efetivamente o pensamento científico e as várias possibilidades? São reflexões que permearam este trabalho e que permanecem mesmo após sua conclusão.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. (Re)Conceituando educação ambiental. **Museu de Astronomia e Ciências Afins** (folder) Rio de Janeiro, 1991.
- ALLEY, R. Mudanças climáticas bruscas. **Scientific American**. Edição Especial n. 12: Aquecimento. 2005.
- ALVES, N.; GARCIA, R. (Orgs.) O sentido da escola. 4a ed. Rio de Janeiro: **DP&A**, 2004.
- ARRHENIUS, S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 41, p. 237-276, 1896.
- ASSARAF, B.; ORION, N. et al. Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. **Journal of research in science teaching**, vol. 42, no., 5, PP. 518–560, 2005.
- BARBOSA, E.F. da F. de M. Abordagem do sistema: geografia física x geografia humana. **1º SIMPGEO/SP**, Rio Claro, 2008. ISBN: 978-85-88454-15-6
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER. J.L. Ecology: from individuals to ecosystems. 4 ed. **Blackwell Publishing**: Oxford, 2006.
- BERNER, R. A.; LASAGA A. C. Modelling the Geochemical Carbon Cycle ", **Scientific American**, vol 260; n° 3, March 1989.
- BERTALANFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1973, 351p.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global - Esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, vol. 13, IG-USP, 1968, 1-36 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: **Ciências Naturais**. Brasília: MEC / SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: **Geografia**. Brasília: MEC / SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: **Biologia, Química e Física do ensino médio**. Brasília : MEC / SEF, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Mudanças climáticas. **Coleção explorando o ensino**. Brasília: MEC/SEF/MCT/INPE, vol 13. 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): **Documento Básico**, Brasília-DF: MEC/INEP, 2002b. 27 P.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): **Fundamentação Teórico- Metodológica**. Brasília-DF: MEC/INEP, 2005. 121 P.

BOVELONI, D & SILVA, H. C. (2007). Textualização de discursos sobre um tema geocientífico em geociências em livros didáticos para ensino fundamental. In: **Anais do Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de ciências da Terra**, São Paulo, 2007.

BUTCHER, S.S; CHARLSON, R.J; ORIAN, G.H; WOLFE, G.V. Global biogeochemical cycles. London: **Academic Press Limited**, 1992. 379 p.

CARNEIRO, C. Dal R., TOLEDO, M. C.M, ALMEIDA, F F M, Dez Motivos para a Inclusão de Temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**, 2004.

CARNEIRO, C. Dal R. Geologia. São Paulo: Global/SBPC-Projeto Ciência Hoje na Escola. 80p. **Série Ciência Hoje na Escola**, v. 10. 2000.

CAPRA, Fritjof A Teia da Vida, 4ª ed. São Paulo : **Cultrix**, 1999

CHISTOFOLETTI, A. O desenvolvimento da Geomorfologia. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, 12(13):13-30. 1972

CHISTOFOLETTI, A.. Perspectivas da Geografia São Paulo- SP ed Difel , 1985.

CHISTOFOLETTI, A. Modelagem e sistemas ambientais. São Paulo ed Edgar Blücher 1999.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.3, p. 549-566, set./dez. 2004.

COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. **Revista: Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 29-45, 2007

COMPIANI, M. Linguagem e percepção visual no ensino de Geociências. **In: Pro-posições**, v.17, n. 1 (49) – jan./abr.2006.

COMPIANI, M. et al. Geociências e a formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental – em busca de diretrizes. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, 1997, p.23-24.

COMPIANI, M. et al. Geociências e a formação continuada no ensino fundamental: de professores em exercício reflexões. **In: Pro - Posições**, vol.11, n. 1 (31), 2000.

COMPIANI, M. Geociências no ensino fundamental e a formação de professores: o papel dos trabalhos de campo. **Tese de Livre Docência**. Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, 2003.

ELY, D. F.; Teoria e Método da Climatologia Geográfica Brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas. **Tese de doutorado**, UNESP, 2006.

FARIA, Ana Lúcia G. De. Ideologia no livro didático. São Paulo: **Polêmicas do Nosso Tempo**, 1984.

FALKOWSKI, P. et al. of Earth as a System The Global Carbon Cycle: **A Test of Our Knowledge**, Science 290, 291 (2000)

FERREIRA, M. Nas trilhas do discurso: A propósito de leitura, sentido e interpretação. In: ORLANDI, E. P.(Org). **A leitura e os leitores**. Campinas. SP: Pontes, 1999.

FLEMING, J. R., Historical Perspectives on Climate Change. New York and Oxford: Oxford Univ. Press, 208 p. 1998.

FRODEMAN, R. A epistemologia das geociências. In: **L. Marques & J. Praia (coords.). Geociências nos currículos dos ensinos básicos e secundário**. Aveiro, Universidade de Aveiro, 2001. p. 39-57.

GALVÃO, D.M. , Textualização do tema “mudanças climáticas globais” em questões do Enem na perspectiva das geociências. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Geociências. Unicamp .2010.

GOULD, S.J. Seta do tempo ciclo do tempo: Mito e metáfora na descoberta do tempo geológico São Paulo: **Companhia das Letras**, 1991, 224 p.

GRÜN, M. Uma discussão sobre valores éticos em Educação **Ambiental Educação & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 171-195, 1994.

GRÜN, M Ética e Educação Ambiental: a conexão necessária. Campinas Papyrus, 1996.

GREGOLIN, M.R. Análise do discurso e mídia: a (re)produção de identidades. **comunicação , mídia e consumo são paulo** vol . 4 n. 11 p. 11 - 25 nov. 2007.

GREGORY, K. J. A natureza da Geografia Física, Rio de Janeiro:Bertrand Brasil,.367pgs 1992  
GUDOVITCH, Y, The carbon cycle and the earth systems - studying the carbon cycle in multidisciplinary environmental context. **Science and technology education**, 2001.

HANSEN, J. Desarmando a bomba-relógio do aquecimento global. **Scientific American. Edição Especial** n. 12: Aquecimento, 2005.

IPCC. **Climate change 1990: Scientific Assessment of Climate Change**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 1990.

IPCC **Climate Change 1995: Second Assessment Report**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 1995.

IPCC **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 2001.

IPCC **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, New York; Cambridge University Press, 2007.

LADEIRA, F.S.B. Solos do Passado: origem e identificação. **Revista. Brasileira Ciência. Solo**, vol.34 no.6 Viçosa Nov./Dec.2010.

LADEIRA, F.S.B. Paleopedologia: o surgimento dos solos na Terra. **Revista Ciência Hoje**, vol 46, n.275.Out/2010.

MOIRAND, S. Formas discursivas da difusão de saberes na mídia. Rua, 6, p. 9-24, 2000.

MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global. **Ciência Hoje**. v. 18, n. 107, 1995.

MOLION, L. C. B Global warming: a critical review. Revista Geofísica 43 (2):77-86, **Instituto PanAmericano de Geografia e Historia**, Mexico, DF. 1995

MOLION, L. C. B Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. Climanálise 8 (agosto), disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>. 2005.

MOLION, L. C. B Variabilidade e forçantes climáticas, Anais do XIV **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, SBMET, 27 a 4 de dezembro, Florianópolis (SC).2006.

MOLION, L. C. B Desmistificando o aquecimento global. **Intergeo**, v. 5, p. 13-20, 2007.

MOTA, J. A. . Valoração econômica da biodiversidade aplicada a corredores ecológicos. In: Moacir Bueno Arruda. (Org.). **Gestão Integrada de Ecossistemas Aplicada a Corredores Ecológicos**. Brasília: Ibama, v. 1, p. 103-118. 2005.

NARASIMHAN, M. G. Controversy in science. In: **Journal of Biosciences**. 26(3): 299-304. 2001.

OLIVEIRA, S. M. B. de. Base científica para compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, J. E. da. (org.) **Aquecimento Global: Frias contendas científicas**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.

ORLANDI, E. P. As histórias de leituras. Leitura: **Teoria & Prática**. v. 3, n. 3, 1984.

ORLANDI, E. P. *As Formas do Silêncio*. Campinas, UNICAMP Editora, 1992.

ORLANDI, E. P. Discurso e leitura. 2a ed. São Paulo: Cortez; Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1993.

ORLANDI, E. P. Discurso e texto – Formulação e circulação dos sentidos. 2ª edição. Campinas, SP: Pontes, 2005.

ORLANDI, E. P. Análise de discurso: princípios e procedimentos. 6. ed. Campinas-SP: Pontes, 2005.

PACHECO, M.R.S, HELENE, M.E.M, Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO<sub>2</sub>. **Estudos Avançados**. Estud. av.vol.4 no. 9 São Paulo Maio/Agosto.1990.

PÊCHEUX, M. Análise automática do discurso (AAD-69). In: GADET, F. & HAK, T. (Orgs.). **Por uma análise automática do discurso: uma introdução à obra de Michael Pêcheux**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1990.

PÊCHEUX, M. Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio. 2ª ed. Campinas, SP: **Editora da Unicamp**, 1995. 317p.

PENTEADO, H.D. Metodologia do ensino de História e Geografia. São Paulo: **Ed. Cortez**, 1993.

PENTEADO, H.D. Meio ambiente e formação dos professores. São Paulo: **Ed. Cortez**, 1994.

PRESS, F, SIEVER R.,GROTZINGER, J. & JORDAN, T. H., **Para Entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat, 4 ed. – Porto Alegre: bookman, 656 p.: il. 2006

RAMOS, M.B, SILVA, H.C., Mudanças climáticas: O trabalho da textualização televisiva em aulas de ciências. **VII ENPEC**, 2009.

RAMOS, M. B. ; SILVA, H. C. 2007. Para pensar as controvérsias científicas em aulas de ciências. In: **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, 2007.

RAVEN, P. H.; JOHNSON, G.. Biology. 6ed. McGraw Hill: Nova Iorque: 2002.

RICKLEFS, R. E., A economia da Natureza, Tradução: Cecília Bueno e Pedro de Lima e Silva, 3 ed. – **Editora Guanabara Koogan AS**, 1996.470 p.

ROSCOE, R. Rediscutindo o papel dos ecossistemas terrestres no sequestro de carbono - **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 209-223, maio/ago. 2003

SERWAY, A. R; JEWETT JR, J, W. Princípios de física, movimento ondulatório e termodinâmica. Tradução da 3º edição norte americana, Volume 2, São Paulo: **Pioneira Thomson Learning**. 669 pgs. 2004.

SANTOS, M. a redescoberta da Natureza. **Estudos avançados** 6(14), 1992.

SANTOS, M. Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico científico informacional. **São Paulo: Hucitec**, 1994.

SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. **São Paulo: Hucitec**, 1997.

SANTOS, V. Formação de professores para o estudo do ambiente: projetos escolares e a realidade ambiental local. **Dissertação de Doutorado**. Departamento de Geociencias Aplicadas ao Ensino/ Unicamp, 2006.

SILVA, H. C. Discursos e leituras da física na escola – uma abordagem introdutória da síntese Newtoniana para o Ensino Médio. Brasília: **Universa**, 2004.

SILVA, H.C.; ALMEIDA, M.J.P. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 4 N° 3 (2005)

SILVA, H. C.; BOVELONI, D. Los temas “Cambios climáticos” y “Calentamiento global” en los libros de texto: la falta de la mirada geológica. **Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra**. V. 17, n. 2, 2009.

SILVA, H. C.; ZIMMERMANN, E., CARNEIRO, M. H. S., GASTAL, M. L. CASSIANO, W. S. Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, 2006. p. 219-233.

SOTCHAVA, V.B. “O estudo dos Geossistemas”. **Métodos em Questão**, vol. 16, 1976, p. 1-52

SOUZA, C. J. O. Conhecimento e aprendizagem de Geomorfologia no ensino superior. **Uma pesquisa em andamento: seu foco, suas indagações e seu desenho metodológico**. 2006.

SOUZA, D. M. Autoridade, autoria e livro didático. In: CORACINI, M. J. (Org.). **Interpretações, autoria e legitimação do livro didático**. Campinas, SP: Pontes, 1999.

SOUZA, E.R. Leituras, limites e possibilidades de gráficos do Enem no contexto do aquecimento global e das mudanças climáticas. **Dissertação de Mestrado**. Unicamp 2010.

SOUZA, M. A., Meio ambiente e desenvolvimento sustentável. **As metáforas do capitalismo**. 2002.

SOUZA, T. C., Discurso e Imagem: perspectivas de análise do não verbal, **Revista Ciberlegenda** Número 1, 1998

SIEGENTHALER, U. et al. the Late Pleistocene Stable Carbon Cycle–Climate **Relationship During**. **Science** 310, 1313. 2005.

TARDY, I. Meio ambiente e desenvolvimento. Geoquímica Global: oscilações climáticas e evolução do meio ambiente desde quatro bilhões de anos. **Estudos Avançados** 11 (30), 1997.

TEIXEIRA, W.; de TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. (org.) Decifrando a Terra. **Oficina de Textos**, São Paulo. 568pp. 2000.

VEIGA, J.E.,org. Aquecimento global:frias contendias científicas.São Paulo ,ed Senac, 2005.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, novembro de 2007. 12 P.

WAGNER, T.; KUHNT, W. & DAMSTÉ, J. S. S. Caprichos e oscilações no Cretáceo. **Scientific American**. Edição Especial n. 12: Aquecimento, 2005.

WEINGART, P.; ENGELS, A. & PANSEGRAU, P. Risks of communication: discourses on climate change in science, politics, and the mass media. **Public Understanding of Science**, vol. 9, n. 3, 2000.

XAVIER, Maria E. R. e KERR, Américo S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 3: p. 325-349, dez 2004.

ZIMMERMAN, N. Leitura e ensino de ciências/geociências: algumas condições de produção do imaginário e discursos de professores. **Dissertação de mestrado**. IGE-Unicamp, 2008.

## Fonte de Dados:

ADOLFO, A.; CROZETA, M.; LAGO, S. *Biologia*. IBEP. Instituto Brasileiro, São Paulo, SP. 2004, v. único.

AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. *Fundamentos da biologia moderna*. Moderna, São Paulo, SP. 2004, v. único.

CARVALHO, W. *Biologia em foco*. FTD, São Paulo, SP. 2002, v. único.

CÉSAR E SEZAR. *Biologia, Genética-Evolução-Ecologia*. São Paulo Ed.Saraiva.2006.

CHEIDA, L. E. *Biologia integrada*. FTD, São Paulo, SP. 2003. v. 1, 2 e 3.

LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia: Série Brasil*. Ática, São Paulo, SP. 2003, v. único.

LOPES, S. *Bio: 1ª Edição*, São Paulo: Saraiva, São Paulo, SP. 2005, v. único.

MERCADANTE, C; FAVARETTO, J.A. *Biologia*. Moderna, São Paulo, SP. 2004, v. único.

SILVA JR, C. Da; SASSON, S. *Biologia*. Saraiva, São Paulo, SP. 2003, v. único.

UZUNIAN, A.; BIRNER, E. *Biologia*. Harbra, 2004, v. único.

Sites consultados:

<https://www.fao.org.br/>

<https://www.ipcc.ch/>

<http://www.scielo.org.br>

<https://www.ipea.gov.br/>

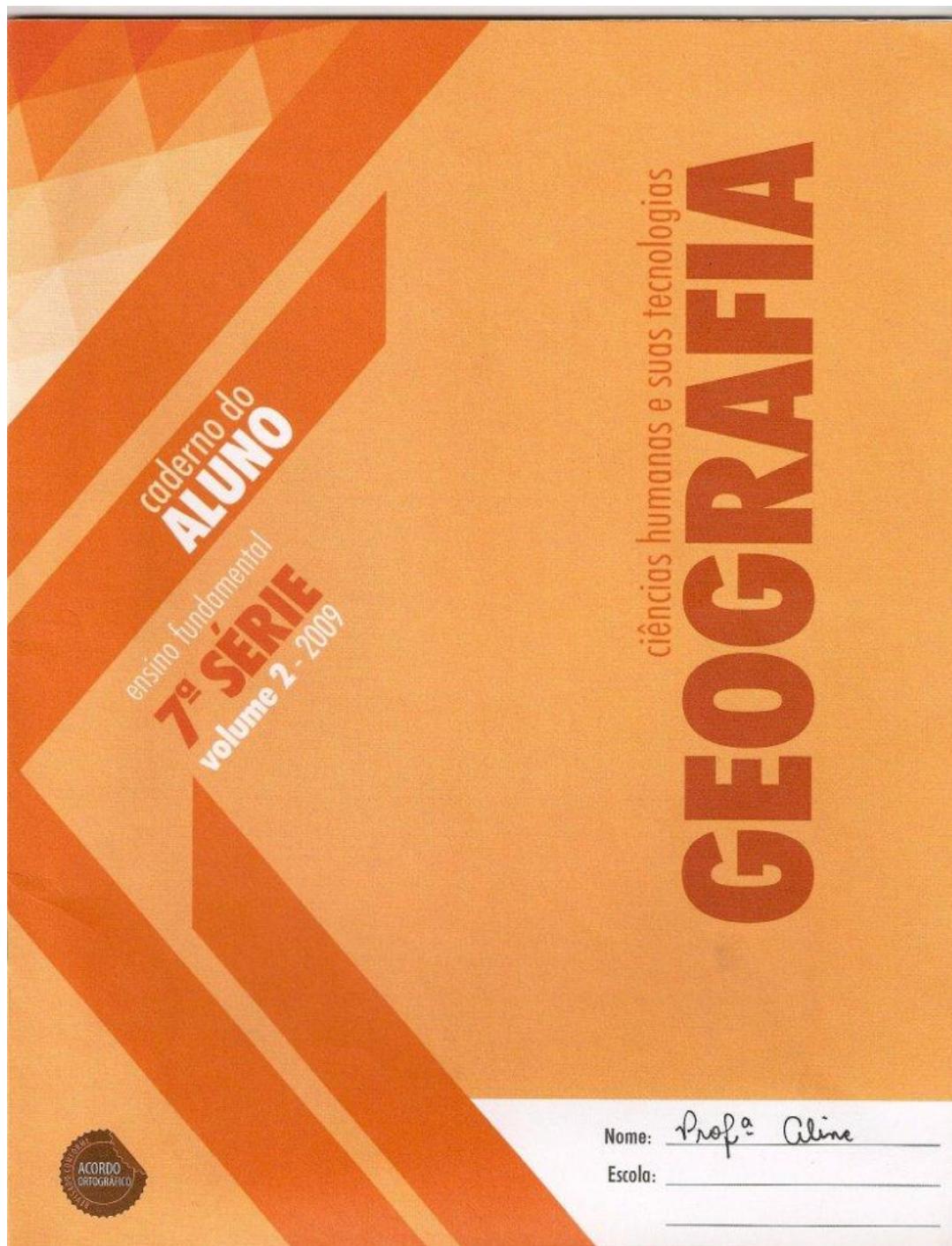
[https:// www.sciencemag.org/](https://www.sciencemag.org/)

[https:// www.mec.gov.br/](https://www.mec.gov.br/)



## 7. ANEXOS

ANEXO 1 – Texto/Material Referência Análise Ciclo do Carbono 1 - CAPA



## Definição



### LIÇÃO DE CASA



Leia o texto a seguir e elabore, no espaço abaixo, um fluxograma a respeito do ciclo do carbono. Para isso, enquanto for procedendo à leitura, grife, em cores diferentes, os elementos naturais e os processos de interação entre eles.

#### O ciclo do carbono

Raul Borges Guimarães

O carbono é um elemento químico em abundância na Terra, fazendo parte da constituição da grande maioria dos elementos terrestres. Ele está na água, na terra, nos seres vivos e no ar. Rochas e outros sedimentos têm toneladas de carbono armazenadas. Com a queima de combustíveis fósseis, parte do carbono armazenado nas rochas tem sido expelida para a atmosfera na forma de gás carbônico.

A principal fonte de absorção do carbono é a fotossíntese realizada pelas plantas, principalmente das florestas e das existentes nos oceanos. Enquanto as plantas absorvem carbono, vários outros processos são responsáveis pela sua emissão na atmosfera, como a fumaça das chaminés de fábricas e dos automóveis, as queimadas das florestas, a erupção vulcânica e a respiração dos seres vivos. O desenvolvimento da pecuária é outro processo de acirramento da emissão de carbono na atmosfera.

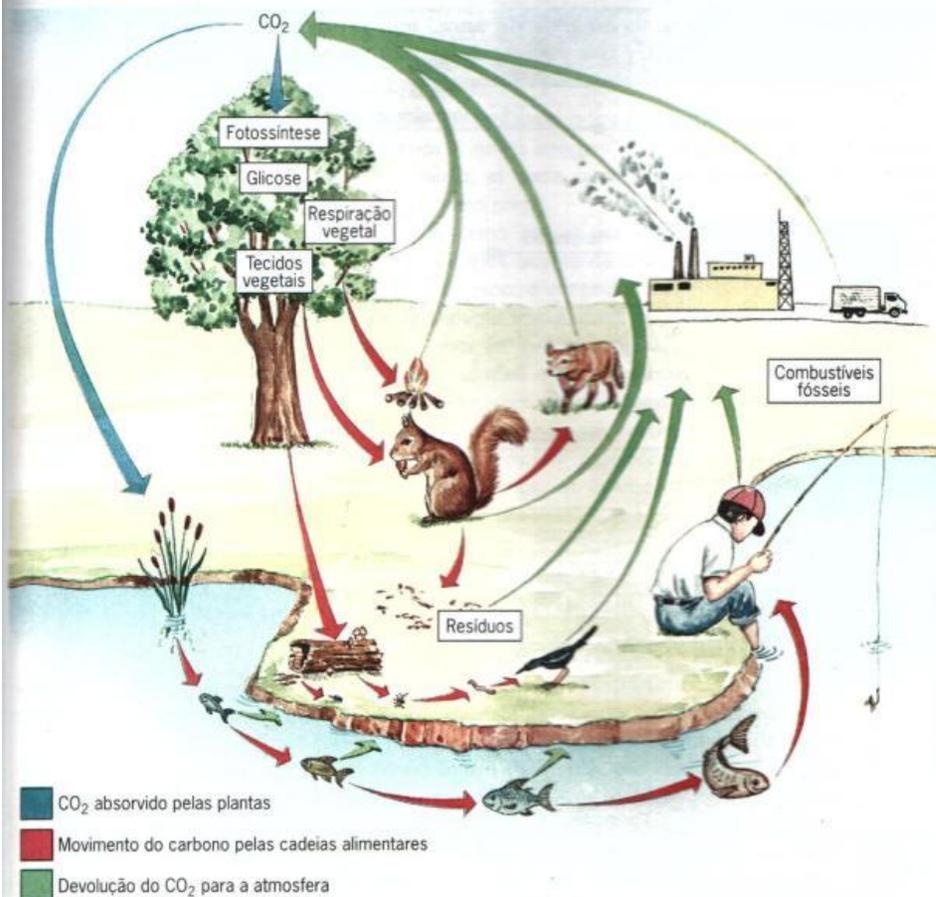
Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

## Definição - Imagem

Observações demonstraram que, nos oceanos, há muito mais evaporação do que chuvas. Isso ocorre porque grande parte da água evaporada dos oceanos é carregada pelo vento em forma de nuvens até os continentes, nos quais ocorre exatamente o fenômeno inverso: mais chuva do que evaporação. A água que cai em excesso no continente enriquece lagos, lagoas, rios e lençóis subterrâneos; dali, flui de volta para o oceano, fechando assim o ciclo.

Os seres vivos, devido ao seu metabolismo que depende totalmente da água, intervêm no ciclo. As raízes das plantas absorvem água do solo. Parte dela sobe às folhas e participa da fotossíntese; outra parte volta à atmosfera pela transpiração. Sabe-se hoje que a água evaporada do continente provém muito mais de transpiração da cobertura vegetal do planeta do que da evaporação de rios ou lagoas. Os animais, inclusive o ser humano, ingerem água diretamente ou a obtêm do seu alimento. Parte dessa água é devolvida ao ciclo pela transpiração, pela urina e pelas fezes. Além disso, a respiração de todos os seres vivos produz como subproduto água, que acaba voltando ao ciclo.

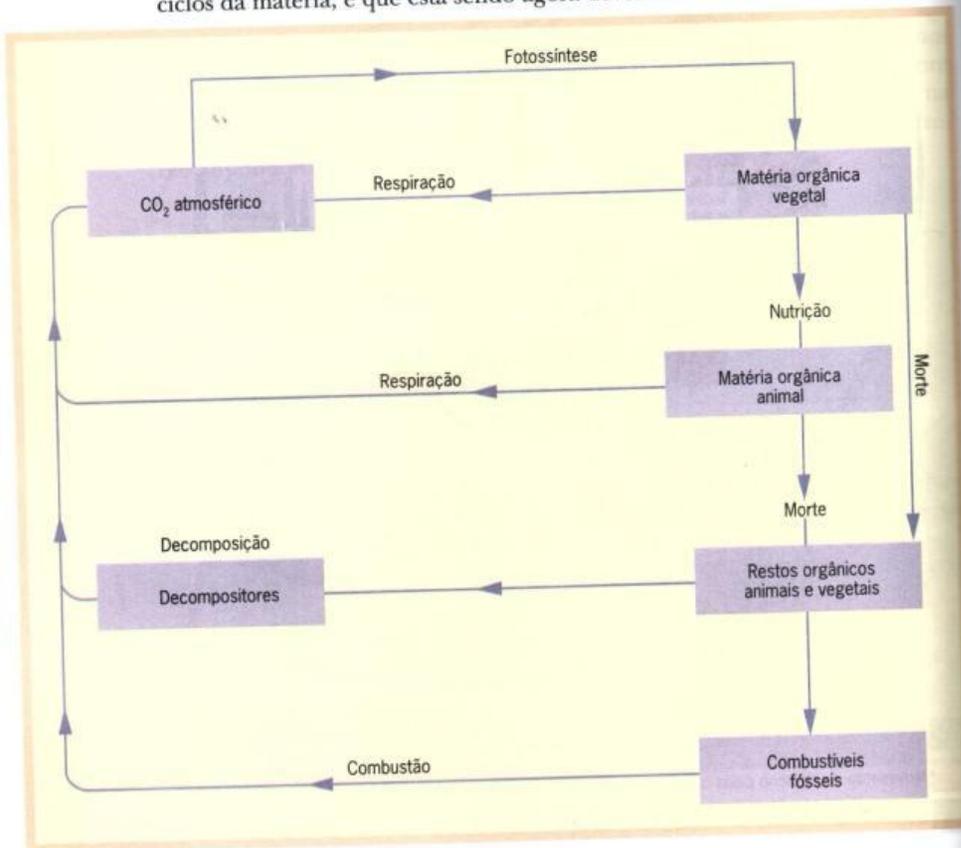
## O ciclo do carbono



Esquema do ciclo do carbono. (Representações fora de proporção entre si.)

Todas as moléculas orgânicas dos seres vivos — carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos — têm átomos de carbono em sua composição. A figura da página anterior mostra como os átomos de carbono circulam na natureza, tanto nos seres vivos como no ambiente inanimado. As setas azuis indicam o carbono usado pela fotossíntese; as vermelhas, o carbono transferido nas cadeias por meio do alimento, enquanto as setas verdes mostram a devolução de gás carbônico para a atmosfera.

Começemos pelo gás carbônico da atmosfera, principal reservatório da biosfera. Ele é absorvido pelas plantas, que fazem fotossíntese e produzem alimento orgânico (lembre-se de que o gás carbônico também se encontra dissolvido na água dos ecossistemas aquáticos). Por meio das cadeias alimentares, o carbono “orgânico” é incorporado pelos herbívoros, e deles transferido aos consumidores da comunidade. Todos esses organismos, ao respirar, devolvem gás carbônico para o ar ou para a água. Os decompositores, que degradam os resíduos e os cadáveres de animais e vegetais, também fabricam gás carbônico, que volta ao ciclo. Veja também, no esquema, que tanto a queima de lenha como a de combustível fóssil, como o petróleo, liberam gás carbônico. No caso do petróleo, trata-se de carbono que ficou soterrado durante milhões de anos, sem participar nesse tempo todo dos ciclos da matéria, e que está sendo agora devolvido aos ecossistemas.



Resumo do ciclo do carbono.

ANEXO 03 – Questões do ENEM que abordavam ciclos.

Ano 2010

Questão 51

**Questão 51**

O texto “O vôo das Folhas” traz uma visão dos índios Ticunas para um fenômeno usualmente observado na natureza:

**O vôo das Folhas**

Com o vento  
as folhas se movimentam.

E quando caem no chão  
ficam paradas em silêncio.

Assim se forma o *ngaura*. O *ngaura* cobre o chão da  
floresta, enriquece a terra e alimenta as árvores.]

As folhas velhas morrem para ajudar o crescimento das  
folhas novas.]

Dentro do *ngaura* vivem aranhas, formigas, escorpiões,  
centopeias, minhocas, cogumelos e vários tipos de  
outros seres muito pequenos.]

As folhas também caem nos lagos, nos igarapés e igapós.

A natureza segundo os Ticunas/Livro das Árvores.  
Organização Geral dos Professores Bilingües Ticunas, 2000.

Na visão dos índios Ticunas, a descrição sobre o *ngaura* permite classificá-lo como um produto diretamente relacionado ao ciclo

- A da água.
- B do oxigênio.
- C do fósforo.
- D do carbono.
- E do nitrogênio.

Questão 5

Um jornal de circulação nacional publicou a seguinte notícia:

Choveu torrencialmente na madrugada de ontem em Roraima, horas depois de os pajés caiapós Mantii e Kucrit, levados de Mato Grosso pela Funai, terem participado do ritual da dança da chuva, em Boa Vista. A chuva durou três horas em todo o estado e as previsões indicam que continuará pelo menos até amanhã. Com isso, será possível acabar de vez com o incêndio que ontem completou 63 dias e devastou parte das florestas do estado.

*Jornal do Brasil, abr./1998 (com adaptações).*

Considerando a situação descrita, avalie as afirmativas seguintes.

- I No ritual indígena, a dança da chuva, mais que constituir uma manifestação artística, tem a função de intervir no ciclo da água.
- II A existência da dança da chuva em algumas culturas está relacionada à importância do ciclo da água para a vida.
- III Uma das informações do texto pode ser expressa em linguagem científica da seguinte forma: a dança da chuva seria efetiva se provocasse a precipitação das gotículas de água das nuvens.

É correto o que se afirma em

- A I, apenas.
- B III, apenas.
- C I e II, apenas.
- D II e III, apenas.
- E I, II e III.

## Questão 06

### Questão 6

Os ingredientes que compõem uma gotícula de nuvem são o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Em torno desse núcleo, que consiste em uma minúscula partícula em suspensão no ar, o vapor de água se condensa, formando uma gotícula microscópica, que, devido a uma série de processos físicos, cresce até precipitar-se como chuva.

Na floresta Amazônica, a principal fonte natural de NCN é a própria vegetação. As chuvas de nuvens baixas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs, aerossóis, à superfície, praticamente no mesmo lugar em que foram gerados pela floresta. As nuvens altas são carregadas por ventos mais intensos, de altitude, e viajam centenas de quilômetros de seu local de origem, exportando as partículas contidas no interior das gotas de chuva. Na Amazônia, cuja taxa de precipitação é uma das mais altas do mundo, o ciclo de evaporação e precipitação natural é altamente eficiente.

Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.

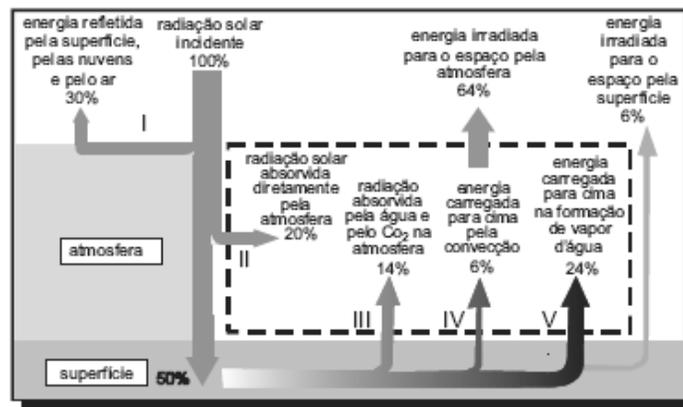
Paulo Artaxo et al. O mecanismo da floresta para fazer chover. In: Scientific American Brasil, ano 1, n.º 11, abr.2003, p. 38-45 (com adaptação).

Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente

- Ⓐ da produção de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração das árvores.
- Ⓑ da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
- Ⓒ das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.
- Ⓓ das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.
- Ⓔ da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

**Diagrama para as questões 22 e 23**

O diagrama abaixo representa, de forma esquemática e simplificada, a distribuição da energia proveniente do Sol sobre a atmosfera e a superfície terrestre. Na área delimitada pela linha tracejada, são destacados alguns processos envolvidos no fluxo de energia na atmosfera.



Raymond A. Serway e John W. Jewett. *Princípios de Física*, v. 2, fig. 18.12 (com adaptações).

Questão 23

**Questão 23**

A chuva é o fenômeno natural responsável pela manutenção dos níveis adequados de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Esse fenômeno, assim como todo o ciclo hidrológico, depende muito da energia solar. Dos processos numerados no diagrama, aquele que se relaciona mais diretamente com o nível dos reservatórios de usinas hidrelétricas é o de número

- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.
- E V.

## Questão 12

## Questão 12

A queima de cana aumenta a concentração de dióxido de carbono e de material particulado na atmosfera, causa alteração do clima e contribui para o aumento de doenças respiratórias. A tabela abaixo apresenta números relativos a pacientes internados em um hospital no período da queima da cana.

pacientes	problemas respiratórios causados pelas queimadas	problemas respiratórios resultantes de outras causas	outras doenças	total
idosos	50	150	60	260
crianças	150	210	90	450

Escolhendo-se aleatoriamente um paciente internado nesse hospital por problemas respiratórios causados pelas queimadas, a probabilidade de que ele seja uma criança é igual a

- A** 0,26, o que sugere a necessidade de implementação de medidas que reforcem a atenção ao idoso internado com problemas respiratórios.
- B** 0,50, o que comprova ser de grau médio a gravidade dos problemas respiratórios que atingem a população nas regiões das queimadas.
- C** 0,63, o que mostra que nenhum aspecto relativo à saúde infantil pode ser negligenciado.
- D** 0,67, o que indica a necessidade de campanhas de conscientização que objetivem a eliminação das queimadas.
- E** 0,75, o que sugere a necessidade de que, em áreas atingidas pelos efeitos das queimadas, o atendimento hospitalar no setor de pediatria seja reforçado.

Questão 13

Questão 13

Ao beber uma solução de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), um corta-cana ingere uma substância

- A que, ao ser degradada pelo organismo, produz energia que pode ser usada para movimentar o corpo.
- B inflamável que, queimada pelo organismo, produz água para manter a hidratação das células.
- C que eleva a taxa de açúcar no sangue e é armazenada na célula, o que restabelece o teor de oxigênio no organismo.
- D insolúvel em água, o que aumenta a retenção de líquidos pelo organismo.
- E de sabor adocicado que, utilizada na respiração celular, fornece  $CO_2$  para manter estável a taxa de carbono na atmosfera.

Ano de 2006

Questão 30

Questão 30

Com base em projeções realizadas por especialistas, prevê-se, para o fim do século XXI, aumento de temperatura média, no planeta, entre  $1,4\text{ }^\circ\text{C}$  e  $5,8\text{ }^\circ\text{C}$ . Como consequência desse aquecimento, possivelmente o clima será mais quente e mais úmido bem como ocorrerão mais enchentes em algumas áreas e secas crônicas em outras. O aquecimento também provocará o desaparecimento de algumas geleiras, o que acarretará o aumento do nível dos oceanos e a inundação de certas áreas litorâneas.

As mudanças climáticas previstas para o fim do século XXI

- A provocarão a redução das taxas de evaporação e de condensação do ciclo da água.
- B poderão interferir nos processos do ciclo da água que envolvem mudanças de estado físico.
- C promoverão o aumento da disponibilidade de alimento das espécies marinhas.
- D induzirão o aumento dos mananciais, o que solucionará os problemas de falta de água no planeta.
- E causarão o aumento do volume de todos os cursos de água, o que minimizará os efeitos da poluição aquática.

### Questão 33

#### Questão 33

As florestas tropicais úmidas contribuem muito para a manutenção da vida no planeta, por meio do chamado seqüestro de carbono atmosférico. Resultados de observações sucessivas, nas últimas décadas, indicam que a floresta amazônica é capaz de absorver até 300 milhões de toneladas de carbono por ano. Conclui-se, portanto, que as florestas exercem importante papel no controle

- A das chuvas ácidas, que decorrem da liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono resultante dos desmatamentos por queimadas.
- B das inversões térmicas, causadas pelo acúmulo de dióxido de carbono resultante da não-dispersão dos poluentes para as regiões mais altas da atmosfera.
- C da destruição da camada de ozônio, causada pela liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono contido nos gases do grupo dos clorofluorcarbonos.
- D do efeito estufa provocado pelo acúmulo de carbono na atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo.
- E da eutrofização das águas, decorrente da dissolução, nos rios, do excesso de dióxido de carbono presente na atmosfera.

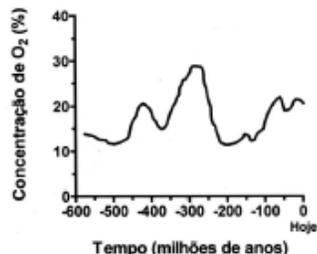
Ano de 2005

### Questão 54

Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio ( $O_2$ ) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:

No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano. Sabendo-se que o  $O_2$  é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que

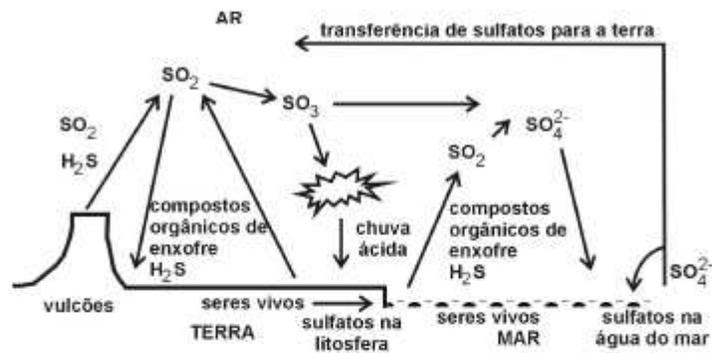
- (A) a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
- (B) a produção de energia dos organismos fotossintéticos causou a extinção em massa no período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
- (C) o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento de concentração de oxigênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.
- (D) o aumento da concentração de gás carbônico ( $CO_2$ ) atmosférico no período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
- (E) a redução da concentração de oxigênio atmosférico no período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.



Ano de 2001

Questão 22

O esquema representa o ciclo do enxofre na natureza, sem considerar a intervenção humana.



Adaptado de BRIMBLECOMBE, P. *Air Composition and Chemistry*. Cambridge. Cambridge University Press, 1976.

**22**

O ciclo representado mostra que a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera, naturalmente,

- I. são poluídas por compostos de enxofre.
- II. são destinos de compostos de enxofre.
- III. transportam compostos de enxofre.
- IV. são fontes de compostos de enxofre.

Dessas afirmações, estão corretas, apenas,

- (A) I e II.
- (B) I e III.
- (C) II e IV.
- (D) I, II e III.
- (E) II, III e IV.

Questão 23

—23

Algumas atividades humanas interferiram significativamente no ciclo natural do enxofre, alterando as quantidades das substâncias indicadas no esquema. Ainda hoje isso ocorre, apesar do grande controle por legislação.

Pode-se afirmar que duas dessas interferências são resultantes da

- (A) queima de combustíveis em veículos pesados e da produção de metais a partir de sulfetos metálicos.
- (B) produção de metais a partir de óxidos metálicos e da vulcanização da borracha.
- (C) queima de combustíveis em veículos leves e da produção de metais a partir de óxidos metálicos.
- (D) queima de combustíveis em indústria e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.
- (E) vulcanização da borracha e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.

Questão 25

—25

Uma região industrial lança ao ar gases como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, causadores da chuva ácida. A figura mostra a dispersão desses gases poluentes.



Considerando o ciclo da água e a dispersão dos gases, analise as seguintes possibilidades:

- I. As águas de escoamento superficial e de precipitação que atingem o manancial poderiam causar aumento de acidez da água do manancial e provocar a morte de peixes.
- II. A precipitação na região rural poderia causar aumento de acidez do solo e exigir procedimentos corretivos, como a calagem.
- III. A precipitação na região rural, embora ácida, não afetaria o ecossistema, pois a transpiração dos vegetais neutralizaria o excesso de ácido.

Dessas possibilidades,

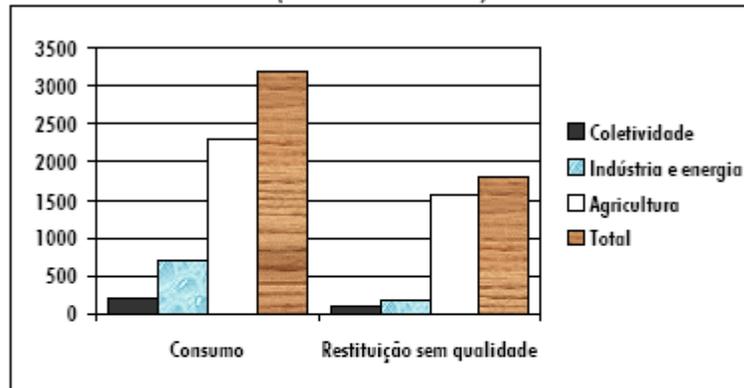
- (A) pode ocorrer apenas a I.
- (B) pode ocorrer apenas a II.
- (C) podem ocorrer tanto a I quanto a II.
- (D) podem ocorrer tanto a I quanto a III.
- (E) podem ocorrer tanto a II quanto a III.

Questão 43

43

Boa parte da água utilizada nas mais diversas atividades humanas não retorna ao ambiente com qualidade para ser novamente consumida. O gráfico mostra alguns dados sobre esse fato, em termos dos setores de consumo.

**Consumo e restituição de água no mundo**  
(em bilhões de m<sup>3</sup> / ano)



Fonte: Adaptado de MARGAT, Jean-François. A água ameaçada pelas atividades humanas. In: WIKOWSKI, N. (Coord). *Ciência e tecnologia hoje*. São Paulo: Ensaio, 1994.

Com base nesses dados, é possível afirmar que

- (A) mais da metade da água usada não é devolvida ao ciclo hidrológico.
- (B) as atividades industriais são as maiores poluidoras de água.
- (C) mais da metade da água restituída sem qualidade para o consumo contém algum teor de agrotóxico ou adubo.
- (D) cerca de um terço do total da água restituída sem qualidade é proveniente das atividades energéticas.
- (E) o consumo doméstico, dentre as atividades humanas, é o que mais consome e repõe água com qualidade.

Ano de 2000

Questão 23

**23**

---

No ciclo da água, usado para produzir eletricidade, a água de lagos e oceanos, irradiada pelo Sol, evapora-se dando origem a nuvens e se precipita como chuva. É então represada, corre de alto a baixo e move turbinas de uma usina, acionando geradores. A eletricidade produzida é transmitida através de cabos e fios e é utilizada em motores e outros aparelhos elétricos. Assim, para que o ciclo seja aproveitado na geração de energia elétrica, constrói-se uma barragem para represar a água.

Entre os possíveis impactos ambientais causados por essa construção, devem ser destacados:

- (A) aumento do nível dos oceanos e chuva ácida.
- (B) chuva ácida e efeito estufa.
- (C) alagamentos e intensificação do efeito estufa.
- (D) alagamentos e desequilíbrio da fauna e da flora.
- (E) alteração do curso natural dos rios e poluição atmosférica.

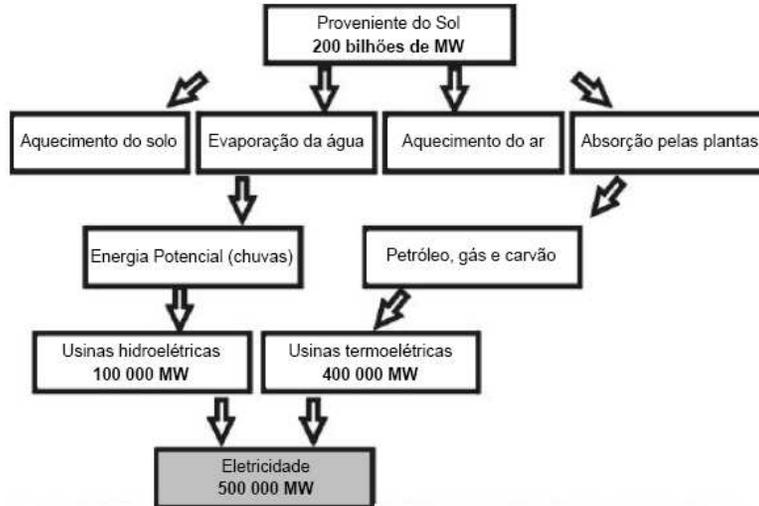
Ano de 1999

Questão 34

- 
- 34** A construção de grandes projetos hidroelétricos também deve ser analisada do ponto de vista do regime das águas e de seu ciclo na região. Em relação ao ciclo da água, pode-se argumentar que a construção de grandes represas
- (A) não causa impactos na região, uma vez que a quantidade total de água da Terra permanece constante.
  - (B) não causa impactos na região, uma vez que a água que alimenta a represa prossegue depois rio abaixo com a mesma vazão e velocidade.
  - (C) aumenta a velocidade dos rios, acelerando o ciclo da água na região.
  - (D) aumenta a evaporação na região da represa, acompanhada também por um aumento local da umidade relativa do ar.
  - (E) diminui a quantidade de água disponível para a realização do ciclo da água.

### Questão 35

O diagrama abaixo representa a energia solar que atinge a Terra e sua utilização na geração de eletricidade. A energia solar é responsável pela manutenção do ciclo da água, pela movimentação do ar, e pelo ciclo do carbono que ocorre através da fotossíntese dos vegetais, da decomposição e da respiração dos seres vivos, além da formação de combustíveis fósseis.



- 35 De acordo com o diagrama, a humanidade aproveita, na forma de energia elétrica, uma fração da energia recebida como radiação solar, correspondente a:

- (A)  $4 \times 10^{-9}$
- (B)  $2,5 \times 10^{-6}$
- (C)  $4 \times 10^{-4}$
- (D)  $2,5 \times 10^{-3}$
- (E)  $4 \times 10^{-2}$

### Questão 54

- 54 Apesar da riqueza das florestas tropicais, elas estão geralmente baseadas em solos inférteis e improdutivos. Grande parte dos nutrientes é armazenada nas folhas que caem sobre o solo, não no solo propriamente dito. Quando esse ambiente é intensamente modificado pelo ser humano, a vegetação desaparece, o ciclo dos nutrientes é alterado e a terra se torna rapidamente infértil.

(CORSON, Walter H. *Manual Global de Ecologia*, 1993)

No texto acima, pode parecer uma contradição a existência de florestas tropicais exuberantes sobre solos pobres. No entanto, este fato é explicado pela

- (A) profundidade do solo, pois, embora pobre, sua espessura garante a disponibilidade de nutrientes para a sustentação dos vegetais da região.
- (B) boa iluminação das regiões tropicais, uma vez que a duração regular do dia e da noite garante os ciclos dos nutrientes nas folhas dos vegetais da região.
- (C) existência de grande diversidade animal, com número expressivo de populações que, com seus dejetos, fertilizam o solo.
- (D) capacidade de produção abundante de oxigênio pelas plantas das florestas tropicais, consideradas os "pulmões" do mundo.
- (E) rápida reciclagem dos nutrientes, potencializada pelo calor e umidade das florestas tropicais, o que favorece a vida dos decompositores.

Questão 58

- 58 Segundo o poeta Carlos Drummond de Andrade, a "água é um projeto de viver". Nada mais correto, se levarmos em conta que toda água com que convivemos carrega, além do puro e simples H<sub>2</sub>O, muitas outras substâncias nela dissolvidas ou em suspensão. Assim, o ciclo da água, além da própria água, também promove o transporte e a redistribuição de um grande conjunto de substâncias relacionadas à dinâmica da vida.

No ciclo da água, a evaporação é um processo muito especial, já que apenas moléculas de H<sub>2</sub>O passam para o estado gasoso. Desse ponto de vista, uma das conseqüências da evaporação pode ser

- (A) a formação da chuva ácida, em regiões poluídas, a partir de quantidades muito pequenas de substâncias ácidas evaporadas juntamente com a água.
- (B) a perda de sais minerais, no solo, que são evaporados juntamente com a água.
- (C) o aumento, nos campos irrigados, da concentração de sais minerais na água presente no solo.
- (D) a perda, nas plantas, de substâncias indispensáveis à manutenção da vida vegetal, por meio da respiração.
- (E) a diminuição, nos oceanos, da salinidade das camadas de água mais próximas da superfície.

Ano de 1998

Questão 06

O sol participa do ciclo da água, pois além de aquecer a superfície da Terra dando origem aos ventos, provoca a evaporação da água dos rios, lagos e mares. O vapor da água, ao se resfriar, condensa em minúsculas gotinhas, que se agrupam formando as nuvens, neblinas ou névoas úmidas. As nuvens podem ser levadas pelos ventos de uma região para outra. Com a condensação e, em seguida, a chuva, a água volta à superfície da Terra, caindo sobre o solo, rios, lagos e mares. Parte dessa água evapora retornando à atmosfera, outra parte escoar superficialmente ou infiltra-se no solo, indo alimentar rios e lagos. Esse processo é chamado de ciclo da água.

- 06 Considere, então, as seguintes afirmativas:
- I. a evaporação é maior nos continentes, uma vez que o aquecimento ali é maior do que nos oceanos.
  - II. a vegetação participa do ciclo hidrológico por meio da transpiração.
  - III. o ciclo hidrológico condiciona processos que ocorrem na litosfera, na atmosfera e na biosfera.
  - IV. a energia gravitacional movimenta a água dentro do seu ciclo.
  - V. o ciclo hidrológico é passível de sofrer interferência humana, podendo apresentar desequilíbrios.
- (A) somente a afirmativa III está correta.
  - (B) somente as afirmativas III e IV estão corretas.
  - (C) somente as afirmativas I, II e V estão corretas.
  - (D) somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.
  - (E) todas as afirmativas estão corretas.

ANEXO 04 – Questões do ENEM que abordavam pensamento sistêmico.

Ano de 2010

Questão 56

Questão 56



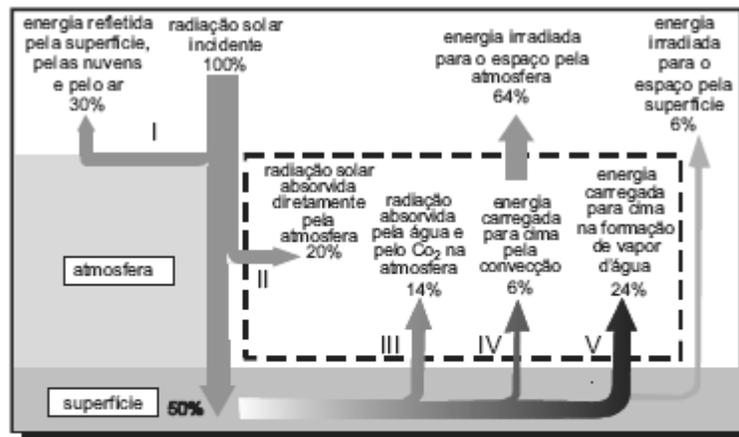
ZIEGLER, M.F. Energia Sustentável. Revista IstoÉ. 28 abr. 2010.

A fonte de energia representada na figura, considerada uma das mais limpas e sustentáveis do mundo, é extraída do calor gerado

- A pela circulação do magma no subsolo.
- B pelas erupções constantes dos vulcões.
- C pelo sol que aquece as águas com radiação ultravioleta.
- D pela queima do carvão e combustíveis fósseis.
- E pelos detritos e cinzas vulcânicas.

**Diagrama para as questões 22 e 23**

O diagrama abaixo representa, de forma esquemática e simplificada, a distribuição da energia proveniente do Sol sobre a atmosfera e a superfície terrestre. Na área delimitada pela linha tracejada, são destacados alguns processos envolvidos no fluxo de energia na atmosfera.



Raymong A. Serway e John W. Jewett. *Princípios de Física*, v. 2, fig. 18.12 (com adaptações).

Questão 22

Questão 22

Com base no diagrama acima, conclui-se que

- A a maior parte da radiação incidente sobre o planeta fica retida na atmosfera.
- B a quantidade de energia refletida pelo ar, pelas nuvens e pelo solo é superior à absorvida pela superfície.
- C a atmosfera absorve 70% da radiação solar incidente sobre a Terra.
- D mais da metade da radiação solar que é absorvida diretamente pelo solo é devolvida para a atmosfera.
- E a quantidade de radiação emitida para o espaço pela atmosfera é menor que a irradiada para o espaço pela superfície.

Questão 23

A chuva é o fenômeno natural responsável pela manutenção dos níveis adequados de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Esse fenômeno, assim como todo o ciclo hidrológico, depende muito da energia solar. Dos processos numerados no diagrama, aquele que se relaciona mais diretamente com o nível dos reservatórios de usinas hidrelétricas é o de número

- A I.
- B II.
- C III.
- D IV.
- E V.

## ANEXO 05 – Questões do ENEM que abordam carbono, gás carbônico

Ano de 2010

Questão 59

### Questão 59

As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o  $\text{CO}_2$ , o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica.

Em áreas urbanas, devido à atuação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica

- A) diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
- B) aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
- C) diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
- D) aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
- E) diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.

## Questão 79

### Questão 79

As mobilizações para promover um planeta melhor para as futuras gerações são cada vez mais frequentes. A maior parte dos meios de transporte de massa é atualmente movida pela queima de um combustível fóssil. A título de exemplificação do ônus causado por essa prática, basta saber que um carro produz, em média, cerca de 200 g de dióxido de carbono por km percorrido.

Revista Aquecimento Global. Ano 2, nº 8. Publicação do Instituto Brasileiro de Cultura Ltda.

Um dos principais constituintes da gasolina é o octano ( $C_8H_{18}$ ). Por meio da combustão do octano é possível a liberação de energia, permitindo que o carro entre em movimento. A equação que representa a reação química desse processo demonstra que

- A no processo há liberação de oxigênio, sob a forma de  $O_2$ .
- B o coeficiente estequiométrico para a água é de 8 para 1 do octano.
- C no processo há consumo de água, para que haja liberação de energia.
- D o coeficiente estequiométrico para o oxigênio é de 12,5 para 1 do octano.
- E o coeficiente estequiométrico para o gás carbônico é de 9 para 1 do octano.

Questão 28

A Lei Federal n.º 11.097/2005 dispõe sobre a introdução do *biodiesel* na matriz energética brasileira e fixa em 5%, em volume, o percentual mínimo obrigatório a ser adicionado ao óleo *diesel* vendido ao consumidor. De acordo com essa lei, biocombustível é "derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil".

A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira

- Ⓐ colabora na redução dos efeitos da degradação ambiental global produzida pelo uso de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo.
- Ⓑ provoca uma redução de 5% na quantidade de carbono emitido pelos veículos automotores e colabora no controle do desmatamento.
- Ⓒ incentiva o setor econômico brasileiro a se adaptar ao uso de uma fonte de energia derivada de uma biomassa inesgotável.
- Ⓓ aponta para pequena possibilidade de expansão do uso de biocombustíveis, fixado, por lei, em 5% do consumo de derivados do petróleo.
- Ⓔ diversifica o uso de fontes alternativas de energia que reduzem os impactos da produção do etanol por meio da monocultura da cana-de-açúcar.

Questão 39

**Lucro na adversidade**

Os fazendeiros da região sudpeste de Bangladesh, um dos países mais pobres da Ásia, estão tentando adaptar-se às mudanças acarretadas pelo aquecimento global. Antes acostumados a produzir arroz e vegetais, responsáveis por boa parte da produção nacional, eles estão migrando para o cultivo do camarão. Com a subida do nível do mar, a água salgada penetrou nos rios e mangues da região, o que inviabilizou a agricultura, mas, de outro lado, possibilitou a criação de crustáceos, uma atividade até mais lucrativa.

O lado positivo da situação termina por aí. A maior parte da população local foi prejudicada, já que os fazendeiros não precisam contratar mais mão-de-obra, o que aumentou o desemprego. A flora e a fauna do mangue vêm sendo afetadas pela nova composição da água. Os lençóis freáticos da região foram atingidos pela água salgada.

Globo Rural, Jun./2007, p.18 (com adaptações).

A situação descrita acima retrata

- A** o fortalecimento de atividades produtivas tradicionais em Bangladesh em decorrência dos efeitos do aquecimento global.
- B** a introdução de uma nova atividade produtiva que amplia a oferta de emprego.
- C** a reestruturação de atividades produtivas como forma de enfrentar mudanças nas condições ambientais da região.
- D** o dano ambiental provocado pela exploração mais intensa dos recursos naturais da região a partir do cultivo do camarão.
- E** a busca de investimentos mais rentáveis para Bangladesh crescer economicamente e competir no mercado internacional de grãos.

Questão 40

Questão 40

Nos últimos 50 anos, as temperaturas de inverno na península antártica subiram quase 6 °C. Ao contrário do esperado, o aquecimento tem aumentado a precipitação de neve. Isso ocorre porque o gelo marinho, que forma um manto impermeável sobre o oceano, está derretendo devido à elevação de temperatura, o que permite que mais umidade escape para a atmosfera. Essa umidade cai na forma de neve.

Logo depois de chegar a essa região, certa espécie de pingüins precisa de solos nus para construir seus ninhos de pedregulhos. Se a neve não derrete a tempo, eles põem seus ovos sobre ela. Quando a neve finalmente derrete, os ovos se encharcam de água e goram.

Scientific American Brasil, ano 2, n.º 21, 2004, p.80 (com adaptações).

A partir do texto acima, analise as seguintes afirmativas.

- I O aumento da temperatura global interfere no ciclo da água na península antártica.
- II O aquecimento global pode interferir no ciclo de vida de espécies típicas de região de clima polar.
- III A existência de água em estado sólido constitui fator crucial para a manutenção da vida em alguns biomas.

É correto o que se afirma

- A apenas em I.
- B apenas em II.
- C apenas em I e II.
- D apenas em II e III.
- E em I, II e III.

Questão 41

Questão 41

Devido ao aquecimento global e à conseqüente diminuição da cobertura de gelo no Ártico, aumenta a distância que os ursos polares precisam nadar para encontrar alimentos. Apesar de exímios nadadores, eles acabam morrendo afogados devido ao cansaço.

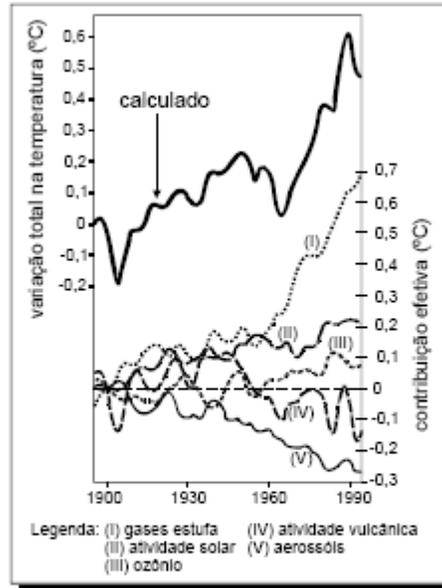
A situação descrita acima

- A enfoca o problema da interrupção da cadeia alimentar, o qual decorre das variações climáticas.
- B alerta para prejuízos que o aquecimento global pode acarretar à biodiversidade no Ártico.
- C ressalta que o aumento da temperatura decorrente de mudanças climáticas permite o surgimento de novas espécies.
- D mostra a importância das características das zonas frias para a manutenção de outros biomas na Terra.
- E evidencia a autonomia dos seres vivos em relação ao *habitat*, visto que eles se adaptam rapidamente às mudanças nas condições climáticas.

Questão 42

Questão 42

O gráfico abaixo ilustra o resultado de um estudo sobre o aquecimento global. A curva mais escura e contínua representa o resultado de um cálculo em que se considerou a soma de cinco fatores que influenciaram a temperatura média global de 1900 a 1990, conforme mostrado na legenda do gráfico. A contribuição efetiva de cada um desses cinco fatores isoladamente é mostrada na parte inferior do gráfico.



Os dados apresentados revelam que, de 1960 a 1990, contribuíram de forma efetiva e positiva para aumentar a temperatura atmosférica:

- A aerossóis, atividade solar e atividade vulcânica.
- B atividade vulcânica, ozônio e gases estufa.
- C aerossóis, atividade solar e gases estufa.
- D aerossóis, atividade vulcânica e ozônio.
- E atividade solar, gases estufa e ozônio.

Questão 60

Questão 60

Qual das seguintes fontes de produção de energia é a mais recomendável para a diminuição dos gases causadores do aquecimento global?

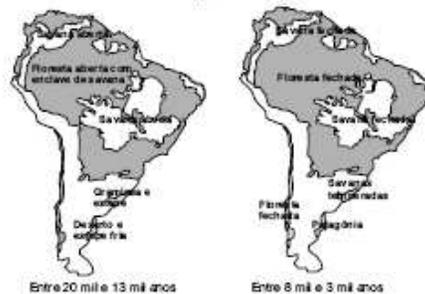
- A Óleo diesel.
- B Gasolina.
- C Carvão mineral.
- D Gás natural.
- E Vento.

Ano de 2006

Questão 12

Questão 12

Entre 8 mil e 3 mil anos atrás, ocorreu o desaparecimento de grandes mamíferos que viviam na América do Sul. Os mapas a seguir apresentam a vegetação dessa região antes e depois de uma grande mudança climática que tomou essa região mais quente e mais úmida.



Revista Pesquisa Fapesp, n.º 98, 2004.

As hipóteses a seguir foram levantadas para explicar o desaparecimento dos grandes mamíferos na América do Sul.

- I Os seres humanos, que só puderam ocupar a América do Sul depois que o clima se tomou mais úmido, mataram os grandes animais.
- II Os maiores mamíferos atuais precisam de vastas áreas abertas para manterem o seu modo de vida, áreas essas que desapareceram da América do Sul com a mudança climática, o que pode ter provocado a extinção dos grandes mamíferos sul-americanos.
- III A mudança climática foi desencadeada pela queda de um grande asteróide, a qual causou o desaparecimento dos grandes mamíferos e das aves.

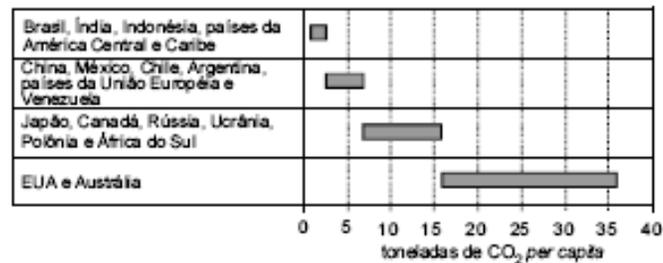
É cientificamente aceitável o que se afirma

- A apenas em I.
- B apenas em II.
- C apenas em III.
- D apenas em I e III.
- E em I, II e III.

Questão 29

Questão 29

A poluição ambiental tomou-se grave problema a ser enfrentado pelo mundo contemporâneo. No gráfico seguinte, alguns países estão agrupados de acordo com as respectivas emissões médias anuais de CO<sub>2</sub> *per capita*.



O Estado de S. Paulo, 22/7/2004 (com adaptações).

Considerando as características dos países citados, bem como as emissões médias anuais de CO<sub>2</sub> *per capita* indicadas no gráfico, assinale a opção correta.

- Ⓐ O índice de emissão de CO<sub>2</sub> *per capita* dos países da União Européia se equipara ao de alguns países emergentes.
- Ⓑ A China lança, em média, mais CO<sub>2</sub> *per capita* na atmosfera que os EUA.
- Ⓒ A soma das emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* de Brasil, Índia e Indonésia é maior que o total lançado pelos EUA.
- Ⓓ A emissão de CO<sub>2</sub> é tanto maior quanto menos desenvolvido é o país.
- Ⓔ A média de lançamento de CO<sub>2</sub> em regiões e países desenvolvidos é superior a 15 toneladas por pessoa ao ano.

Questão 31

Questão 31

A Terra é cercada pelo vácuo espacial e, assim, ela só perde energia ao irradiá-la para o espaço. O aquecimento global que se verifica hoje decorre de pequeno desequilíbrio energético, de cerca de 0,3%, entre a energia que a Terra recebe do Sol e a energia irradiada a cada segundo, algo em torno de  $1 \text{ W/m}^2$ . Isso significa que a Terra acumula, anualmente, cerca de  $1,6 \times 10^{22} \text{ J}$ .

Considere que a energia necessária para transformar 1 kg de gelo a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  em água líquida seja igual a  $3,2 \times 10^5 \text{ J}$ . Se toda a energia acumulada anualmente fosse usada para derreter o gelo nos pólos (a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a quantidade de gelo derretida anualmente, em trilhões de toneladas, estaria entre

- A 20 e 40.
- B 40 e 60.
- C 60 e 80.
- D 80 e 100.
- E 100 e 120.

Ano de 2005

Questão 13

13

Diretores de uma grande indústria siderúrgica, para evitar o desmatamento e adequar a empresa às normas de proteção ambiental, resolveram mudar o combustível dos fornos da indústria. O carvão vegetal foi então substituído pelo carvão mineral. Entretanto, foram observadas alterações ecológicas graves em um riacho das imediações, tais como a morte dos peixes e dos vegetais ribeirinhos. Tal fato pode ser justificado em decorrência

- (A) da diminuição de resíduos orgânicos na água do riacho, reduzindo a demanda de oxigênio na água.
- (B) do aquecimento da água do riacho devido ao monóxido de carbono liberado na queima do carvão.
- (C) da formação de ácido clorídrico no riacho a partir de produtos da combustão na água, diminuindo o pH.
- (D) do acúmulo de elementos no riacho, tais como, ferro, derivados do novo combustível utilizado.
- (E) da formação de ácido sulfúrico no riacho a partir dos óxidos de enxofre liberados na combustão.

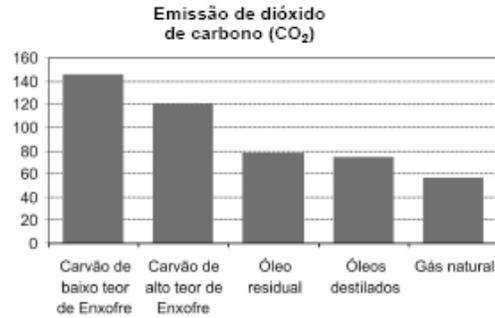
Questão 40

40

Nos últimos meses o preço do petróleo tem alcançado recordes históricos. Por isso a procura de fontes energéticas alternativas se faz necessária. Para os especialistas, uma das mais interessantes é o gás natural, pois ele apresentaria uma série de vantagens em relação a outras opções energéticas.

A tabela compara a distribuição das reservas de petróleo e de gás natural no mundo, e a figura, a emissão de monóxido de carbono entre vários tipos de fontes energéticas.

	Distribuição de petróleo no mundo (%)	Distribuição de gás natural no mundo (%)
América do Norte	3,5	5,0
América Latina	13,0	6,0
Europa	2,0	3,6
Ex-União Soviética	6,3	38,7
Oriente Médio	64,0	33,0
África	7,2	7,7
Ásia/Oceania	4,0	6,0



(Fonte: Gas World International – Petroleum Economist.)

A partir da análise da tabela e da figura, são feitas as seguintes afirmativas:

- I – Enquanto as reservas mundiais de petróleo estão concentradas geograficamente, as reservas mundiais de gás natural são mais distribuídas ao redor do mundo garantindo um mercado competitivo, menos dependente de crises internacionais e políticas.
- II – A emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para o gás natural é a mais baixa entre os diversos combustíveis analisados, o que é importante, uma vez que esse gás é um dos principais responsáveis pelo agravamento do efeito estufa.

Com relação a essas afirmativas pode-se dizer que

- (A) a primeira está incorreta, pois novas reservas de petróleo serão descobertas futuramente.
- (B) a segunda está incorreta, pois o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) apresenta pouca importância no agravamento do efeito estufa.
- (C) ambas são análises corretas, mostrando que o gás natural é uma importante alternativa energética.
- (D) ambas não procedem para o Brasil, que já é praticamente auto-suficiente em petróleo e não contribui para o agravamento do efeito estufa.
- (E) nenhuma delas mostra vantagem do uso de gás natural sobre o petróleo.

Ano de 2004

Questão 42

42.

Há estudos que apontam razões econômicas e ambientais para que o gás natural possa vir a tornar-se, ao longo deste século, a principal fonte de energia em lugar do petróleo. Justifica-se essa previsão, entre outros motivos, porque o gás natural

- (A) além de muito abundante na natureza é um combustível renovável.
- (B) tem novas jazidas sendo exploradas e é menos poluente que o petróleo.
- (C) vem sendo produzido com sucesso a partir do carvão mineral.
- (D) pode ser renovado em escala de tempo muito inferior à do petróleo.
- (E) não produz CO<sub>2</sub> em sua queima, impedindo o efeito estufa.

Ano de 2002

Questão 48

**48**

Em março de 2001, o presidente dos Estados Unidos da América, George W. Bush, causou polêmica ao contestar o pacto de Kyoto, dizendo que o acordo é prejudicial à economia norte-americana em um momento em que o país passa por uma crise de energia (...). O protocolo de Kyoto prevê que os países industrializados reduzam suas emissões de CO<sub>2</sub> até 2012 em 5,2%, em relação aos níveis de 1990.

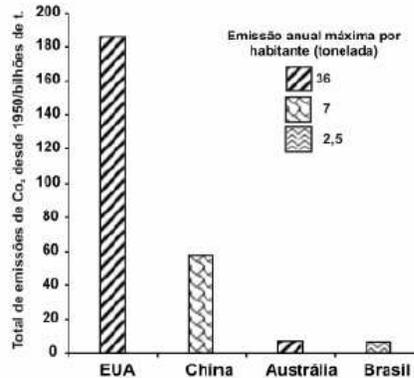
Adaptado da Folha de São Paulo, 11/04/2001.

O gráfico mostra o total de CO<sub>2</sub> emitido nos últimos 50 anos por alguns países, juntamente com os valores de emissão máxima de CO<sub>2</sub> por habitante no ano de 1999.

Dados populacionais aproximados (nº de habitantes):

- EUA: 240 milhões
- BRASIL: 160 milhões

Se o Brasil mantivesse constante a sua população e o seu índice anual máximo de emissão de CO<sub>2</sub>, o tempo necessário para o Brasil atingir o acumulado atual dos EUA seria, aproximadamente, igual a

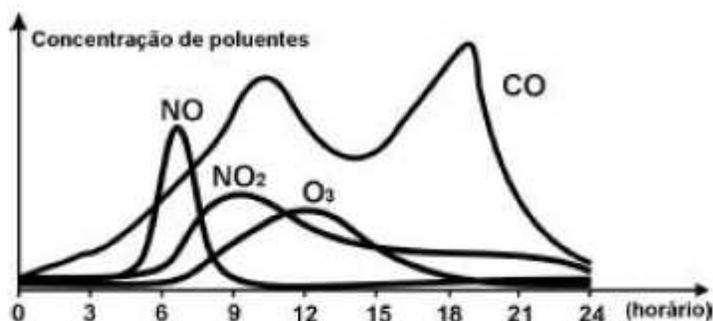


Adaptado da revista *Veja*, Edição 1696, 18/04/2001.

- (A) 60 anos.                      (B) 230 anos.                      (C) 460 anos.                      (D) 850 anos.                      (E) 1340 anos.

**34**

O gráfico abaixo refere-se às variações das concentrações de poluentes na atmosfera, no decorrer de um dia útil, em um grande centro urbano.



(Adaptado de NOVAIS, Vera. *Ozônio: aliado ou inimigo*. São Paulo: Scipione, 1998)

As seguintes explicações foram dadas para essas variações:

- I A concentração de NO diminui, e a de NO<sub>2</sub> aumenta em razão da conversão de NO em NO<sub>2</sub>.
- II A concentração de monóxido de carbono no ar está ligada à maior ou à menor intensidade de tráfego.
- III Os veículos emitem óxidos de nitrogênio apenas nos horários de pico de tráfego do período da manhã.
- IV Nos horários de maior insolação, parte do ozônio da estratosfera difunde-se para camadas mais baixas da atmosfera.

Dessas explicações, são plausíveis somente:

- (A) I e II.
- (B) I e III.
- (C) II e III.
- (D) II e IV.
- (E) III e IV.