

DOI: [10.46943/VIII.CONEDU.2022.GT16.018](https://doi.org/10.46943/VIII.CONEDU.2022.GT16.018)

DISCUTINDO FÍSICA A PARTIR DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UM ESTUDO DE CASO

Thiago Vinicius Sousa Souto

Docente do Instituto Federal da Paraíba - Campus Pesqueira - PE, thiago.souto@pesqueira.ifpe.edu.br;

Paula Castro

Docente da Universidade Estadual da Paraíba, Campus Campina Grande, PB, esp. polocampina@uepb.edu.br;

Helaine Ferreira Sivini

Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Recife, PE. hsivini@terra.com.br;

RESUMO

As questões ambientais se colocam como algumas das demandas mais importantes no século XXI. As evidentes mudanças climáticas são objeto de grande discussão na comunidade científica e na mídia de forma geral. O objetivo desse trabalho é analisar como estudantes do Ensino Médio de uma Escola Pública da Paraíba compreendem, discutem e posicionam-se ante questões relativas ao Aquecimento Global (AG). Tendo como suporte para tais discussões os conhecimentos científicos que contribuem para a compreensão do AG, suas controvérsias e incompletude que dão uma visão mais clara da ciência como construção humana histórica e socialmente construída que interage com a tecnologia e o ambiente. A metodologia utilizada para verificar os conhecimentos dos estudantes sobre o tema proposto foi a utilização de situação-problema, discussão a partir de analogias com experimentos interativos com material de baixo custo e debates em sala de aula sobre questões referentes ao Aquecimento Global. Para

analisar as produções dos estudantes utilizamos elementos da análise de conteúdo a partir do estabelecimento de categorias a priori que analisaram i) os conceitos científicos utilizados nas produções sobre (AG), ii) quais e como os operadores da complexidade foram utilizados nas produções dos estudantes e iii) como as discussões utilizaram temas relacionados a CTS. Os resultados apontam que os estudantes tinham uma compreensão superficial e fragmentada do AG, visão esta que não dava margem para a correlação entre as variáveis socioambientais importantes para compreensão do fenômeno. Concluímos que a abordagem a partir de situação-problema sobre uma temática de relevância clara para o bem estar do estudante contribuiu para a evocação de conteúdos de ciências da natureza, aprimoramento de habilidades procedimentais e construção de uma atitude cidadã comprometida com a construção de soluções.

Palavras-chave: teoria da complexidade, CTS, Ensino de Física, Aquecimento Global.

INTRODUÇÃO

A expressão Aquecimento Global (AG), que era praticamente desconhecida pela maioria da população há duas décadas, ganhou destaque não só como ponto de pauta em vários acordos ambientais internacionais e discussões na comunidade científica, como também nos meios de comunicação em massa que assinalam este fenômeno como o maior desafio ambiental do século XXI (VILCHES E GIL, 2003).

É sabido que a ação humana já modificou mais de um terço de toda a superfície terrestre e estas alterações são substanciais e crescentes. Tomemos como exemplo, o caso da emissão de gases que potencializam o Efeito Estufa, como o dióxido de carbono que teve um incremento de 30% desde o início da Revolução Industrial. Teorias apontam que o fato contribuiu para o aumento da temperatura do planeta em $0,7^{\circ}\text{C}$ no último século e mesmo que parássemos totalmente de poluir a atmosfera as estimativas apontam para um crescimento entre $0,4^{\circ}\text{C}$ e $0,8^{\circ}\text{C}$ até o ano de 2200 (BELMONTE, 2005).

A escola não pode se furtar da discussão de temas tão pungentes para a sociedade, como a crise ambiental. No caso particular do ensino de Física no Ensino Médio (principalmente por ser considerada a etapa final da educação básica) deve ser voltado para a construção de um cidadão que seja capaz de compreender, intervir, e participar das demandas da sociedade contemporânea e não apenas adquirir conteúdos significativos. E mesmo que este não venha a ter contato escolar com a Física após a conclusão do ensino médio, deve ser capaz de utilizar certos conceitos-chave da ciência para melhor compreensão do mundo (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, a física toma corpo de um conjunto de competências específicas que devem possibilitar tanto o entendimento de fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano como de outros universos distantes. Simultaneamente, a física deve ser compreendida como uma obra coletiva construída ao longo da história, e por isso impregnada de contribuições sociais, econômicas e culturais, que deu origem a diversos avanços tecnológicos e, por sua vez, é por eles impulsionada (BRASIL, 1999).

De acordo com este contexto de crise ambiental, “faz-se necessário o aprofundamento desta questão em sala de aula”, já que os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001, p. 20) elegem como principal objetivo do Ensino de Ciências da Natureza o de criar condições para que o aluno identifique problemas, a partir de observações sobre um acontecimento, levante hipóteses e teste-as, trabalhando de forma a tirar suas próprias conclusões. Deste modo, não se deveria deixar de envolver os discentes na reflexão de conteúdos tão importantes para a formação de um cidadão crítico quanto os de Aquecimento Global (AG) e o Efeito Estufa (EE), que como já nos referimos, são assuntos dos quais depende a sustentabilidade da vida na Terra.

A utilização de temas que enfoquem as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como são os fenômenos do AG e EE podem contribuir para uma abordagem contextualizada dos conteúdos evitando assim a perda de sentido e a relação com a realidade, afim de que o estudante saiba o porquê de estar estudando determinado assunto de termodinâmica, por exemplo.

Diante de tal situação nos questionamos como provocar uma discussão de conceitos físicos de uma forma não tradicional a fim de construir um espaço de argumentação em que a ciência seja a grande balizadora das tomadas de decisão.

Assim temos como objetivos para a realização desse trabalho verificar como estudantes de Ensino Médio utilizam conceitos Físicos para se posicionarem ante uma situação-problema sobre temática ambiental contemporânea.

O objetivo dessa pesquisa foi identificar quais as concepções dos estudantes sobre as possíveis causas e soluções para o problema do avanço do nível do mar na costa nordestina e como os conceitos científicos são utilizados para explicar os fenômenos do AG e EE durante a ministração de uma intervenção didática que trata das questões relacionadas ao Aquecimento Global e os aspectos científicos, sociais, ambientais e tecnológicos. Ressaltamos que base filosófica da intervenção didática foi o Pensamento Complexo de Edgar Morin (1998, 2001) e buscamos ainda identificar, como um objetivo específico, elementos dessa forma de pensar o mundo nas interações com os participantes da pesquisa.

2. METODOLOGIA

O caráter desta pesquisa é predominantemente qualitativo, apesar da existência de elementos quantitativos na análise dos resultados, o que não a descaracteriza como tal. O trabalho é caracterizado como uma investigação-ação educacional (BOGDAN e BIKLEN, 2002).

2.1 O LOCAL DA INTERVENÇÃO

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Miguel Leão no distrito de São José da Mata na cidade de Campina Grande na Paraíba, Brasil. A escola foi fundada no ano de 1978 e é caracterizada como pertencendo à zona urbana, sua clientela é cerca de oitocentos e sete estudantes (segundo o CENSO ESCOLAR, 2013) distribuídos da seguinte forma: 497 estudantes do Ensino Fundamental; 475 estudantes do Ensino Médio e 312 estudantes na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. Vale salientar que cerca da metade dos estudantes oriunda da zona rural da região, que dependem do transporte escolar oferecido pela instituição de ensino; sendo a única escola pública do distrito a oferecer o Ensino Médio.

A escola funciona nos três turnos atendendo desde o primeiro ano do Ensino Fundamental até o terceiro ano do Ensino Médio. Vale ressaltar que são oferecidas estas series também a noite na modalidade Educação de Jovens e Adultos (EJA).

A instituição dispõe de laboratório de informática (mas não existe acesso à internet); quadra poliesportiva, cantina (que fornece merenda gratuita a todos os estudantes), quatro banheiros e dezessete salas de aulas. Não há laboratórios ou auditório. Trabalham da instituição trinta e sete professores e dezoito funcionários administrativos.

2.2 OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Participaram da intervenção estudantes do segundo ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio e Fundamental

José Miguel Leão localizada em São José da Mata, distrito da cidade de Campina Grande no estado da Paraíba, Brasil.

Escolhemos uma das cinco classes de segundo ano do Ensino Médio da referida escola, pois estes estudantes já teriam estudado os conteúdos de termodinâmica que seriam importantes para compreensão do fenômeno do AG, tema da intervenção didática.

A classe escolhida era composta por trinta e cinco estudantes, dos quais vinte e oito estavam presentes e participaram de todas as etapas da intervenção.

Destes foram selecionados três estudantes que representam uma mostra de todas as vertentes de pensamento a respeito do fenômeno do AG estudado durante a intervenção. A escolha de um número reduzido de estudantes se justifica pelo fato de desejarmos compreender como os eles mobilizam os conceitos da Física para compreender o fenômeno do Aquecimento Global. Escolhemos o espaço da disciplina de Física de um professor da escola para que tivéssemos o máximo de participação dos estudantes, o que não seria favorecido caso realizássemos as atividades no contraturno, uma vez que mais da metade dos estudantes mora na zona rural do distrito e depende do transporte escolar para o seu deslocamento.

2.3 A INTERVENÇÃO DIDÁTICA.

A intervenção aconteceu na segunda semana do mês de outubro de 2013; tendo carga horária de 180 minutos realizada durante uma manhã.

Dividimos a intervenção em três momentos distintos a saber:

- A. Situação-problema inicial;
- B. Atividade Experimental com material de baixo custo;
- C. Situação-problema final.

Descreveremos a seguir as características de cada uma das etapas da intervenção.

2.3.1 Primeira Etapa: A Situação-Problema Inicial

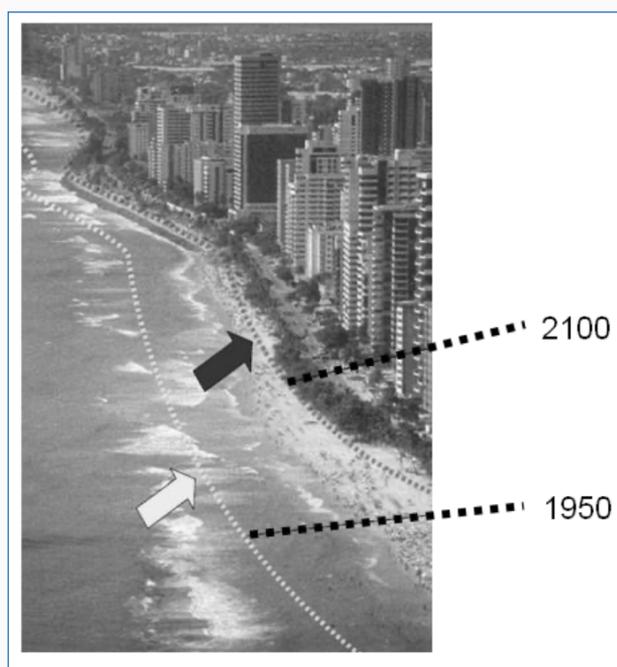
Na primeira etapa da intervenção didática, apresentamos aos estudantes um texto contendo uma situação-problema inicial de relação direta com as mudanças climáticas.

Os objetivos da situação-problema inicial são: i) dar subsídio para que possamos inferir as concepções prévias dos estudantes a respeito do fenômeno em questão.; ii) verificar se há elementos nas mensagens dos estudantes que indiquem operadores de religação do conhecimento e/ou uma forma de pensar segundo a os pressupostos da teoria da complexidade (MORIN, 1998, 2001) e iii) verificar se os estudantes discutem alguma das relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) envolvidas no fenômeno do AG.

A situação-problema foi desenvolvida seguindo os pressupostos de Phillip Meirieu (1998), a fim de abordar um tema de relevância para os estudantes, que se caracteriza por ser um problema aberto, sendo assim, pode-se adotar várias respostas.

O texto traz consigo uma foto da praia de Boa Viagem em Recife/PE. Nesta há duas indicações: a primeira de onde estava o nível do mar em meados de 1950 e a outra uma projeção de onde este poderá estar no ano de 2100 caso a temperatura do planeta eleve-se em (...)°C até o ano de (...). Tal como apresentado na figura 1.

Figura 1 - Projeções nível do mar na região da praia de boa viagem em Recife/PE nos anos de 1950 e 2100.



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005.

Depois da apresentação do texto, havia duas questões que deveriam ser respondidas por escrito pelos estudantes. As questões eram:

- a. Diante de tantas notícias divulgadas pela imprensa e a comunidade científica explique, o mais detalhadamente possível, a relação entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar, se esta existir;
- b. Há alguma coisa a ser feita ante o fenômeno do Aquecimento Global e/ou da elevação do nível do mar? O quê?

Os estudantes redigiram suas respostas em uma lauda e entregaram o registro ao professor da disciplina.

Logo em seguida o professor fez as questões supracitadas ao grupo de estudantes presente, a fim que eles explicitassem verbalmente os seus pontos de vista ante a situação proposta. Foi proposta uma estrutura argumentativa durante o debate, ao que os estudantes responderam positivamente com participação ativa, como veremos mais adiante na apresentação dos Resultados e discussões.

Apresentamos a seguir o que foi feito na segunda etapa da intervenção sobre o fenômeno do Aquecimento Global.

2.3.2 Segunda Etapa: A Atividade Experimental

Na segunda etapa da intervenção, foi disponibilizado aos estudantes um guia com algumas instruções para auxiliar na montagem de um experimento, cujo objetivo foi ampliar a compreensão do fenômeno do Efeito Estufa através da estruturação de analogias.

A confecção do aparato experimental utilizado foi inspirada em um experimento descrito no livro Física Mais que Divertida do professor Eduardo Campos Valadares (2002). Procuramos utilizar material de fácil acesso e baixo custo, tal como descrito no quadro 1 a seguir:

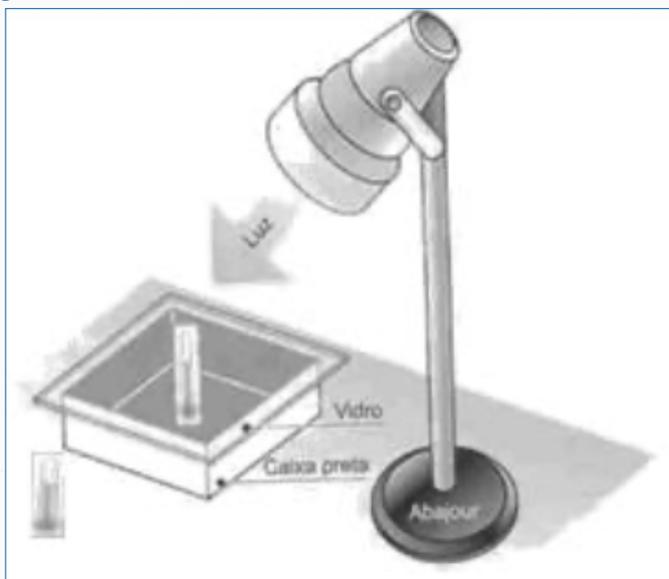
Quadro 1 – Material utilizado para a montagem do experimento sobre o Efeito Estufa

Material	Quantidade
Caixa de madeira com profundidade entre 4 e 7 cm	1
Vidro (para tampar a caixa)	1
Cartolina preta fosca	1
Suporte para a lâmpada	1
Termômetros (desses encontrados em farmácia)	2
Cronômetro (pode usar o do celular, por exemplo)	1

Fonte: próprio autor.

A figura 2 mostra como estes materiais poderiam estar dispostos em uma bancada.

Figura 2 – disposição dos materiais da atividade experimental

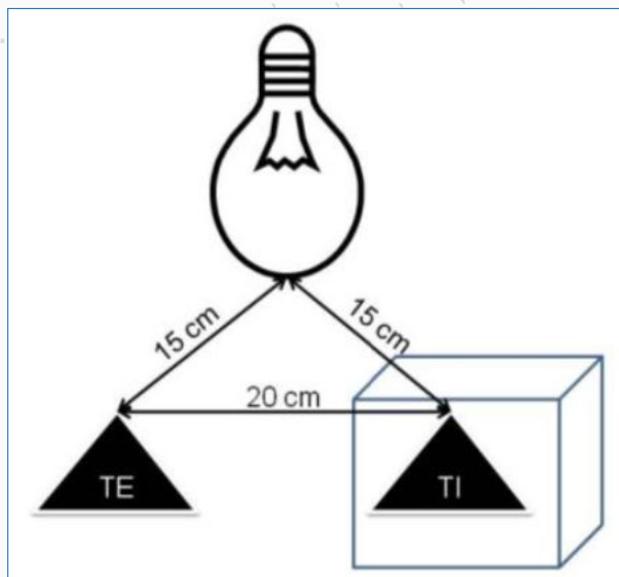


Fonte: próprio autor.

Os estudantes montaram o experimento cortando a cartolina preta fosca em pedaços que puderam ser encaixados na estrutura e cobriram o interior da caixa de madeira com estes. Colocaram um dos termômetros dentro da caixa e o outro do lado de fora da mesma. Posicionaram a lâmpada, de 150 watts de potência, acesa, perto da tampa de vidro da caixa de madeira de modo que os dois

termômetros ficassem a mesma distância da fonte luminosa, cerca de 15 cm como mostra a figura 3.

Figura 3 - Posicionamento dos termômetros (TE que estava fora da caixa e TI que estava dentro da caixa) em relação à lâmpada



Fonte: próprio autor

Depois de montada a estrutura, iniciamos a contagem simultânea do tempo e das temperaturas indicadas no termômetro interno à caixa (TI) e do termômetro externo à caixa (TE). Estes são termômetros clínicos de mercúrio com escalas graduadas em graus Celsius, em intervalos de 0,1°C, que vão de 35°C a 42°C.

O quadro 2, mostra a temperatura indicada no termômetro e o instante em que esta foi alcançada:

Quadro 2 - tempo necessário para que TI e TE atingissem determinada temperatura

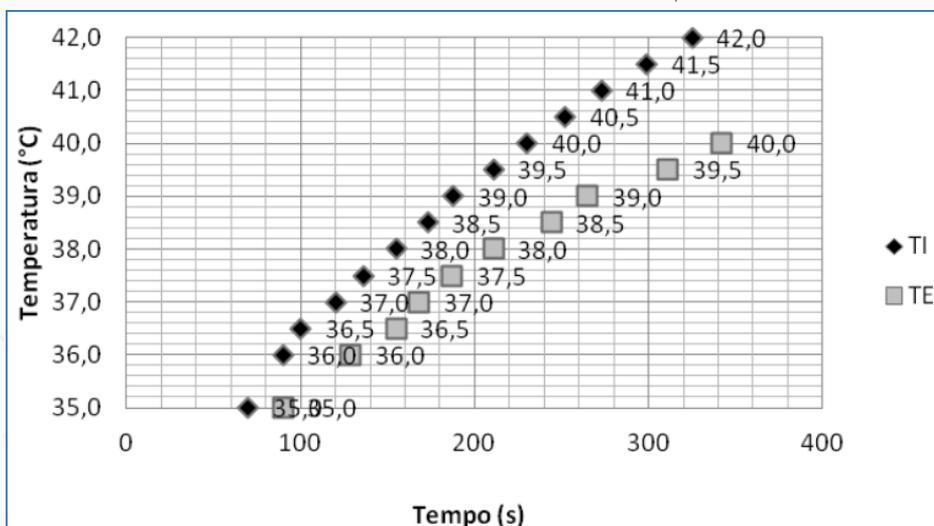
Temperatura (°C)	TI (s)	TE (s)
<35	0	0
35	70	90
35,5	77	105
36	90	126

Temperatura (°C)	TI (s)	TE (s)
36,5	100	155
37	120	168
37,5	136	187
38	155	211
38,5	173	244
39,5	211	311
40	230	342
40,5	252	--
41	273	--
41,5	299	--
41	325	--

Fonte: próprio autor.

Depois que os estudantes fizeram esboçarem a curva de Temperatura do Termômetro versus o tempo necessário para atingir tal temperatura. Este esboço foi feito no quadro de forma colaborativa pelos estudantes. A figura 3 mostra tal curva:

Figura 3 - temperatura dos termômetros (TE que estava fora da caixa e TI que estava dentro da caixa) versus o tempo.



Fonte: próprio autor.

O nosso intento com a quadro 2 e figura 3 era ajudar o estudante a compreender que TI aumentava sua temperatura mais rapidamente que o TE e que tal comportamento se devia ao “Efeito Estufa” dentro da caixa, para a partir daí, levantar uma discussão de como este fenômeno acontece.

É importante destacar que, durante o encontro o pesquisador pediu para que os estudantes explicassem o que estavam fazendo, e fez diversos questionamentos para que os esses evidenciassem a sua compreensão dos fenômenos observados.

O passo seguinte do experimento foi retirar a cobertura feita com cartolina preta do interior da caixa e substituí-la por outra revestida com papel alumínio. O mesmo procedimento de medida das temperaturas dos termômetros TI e TE e do respectivo tempo que cada temperatura foi atingida, foi repetido.

Neste caso a intenção era que os estudantes observassem uma elevação síncrona das temperaturas de TI e TE. Questionou-se então o porquê de tal fenômeno e como isso poderia ser correlacionado com o Efeito Estufa. O pesquisador também pediu que os estudantes fizessem uma analogia entre os diversos materiais utilizados na experimentação e partes componentes do Efeito Estufa global. As respostas dos estudantes estão no quadro 3:

Quadro 3 - Correlação entre alguns componentes da experimentação e do planeta

No experimento	No experimento
Caixa de madeira	O planeta
Vidro da tampa da caixa	A atmosfera
Cartolina preta fosca	A superfície dos continentes
Lâmpada de 150 W	O Sol
A superfície com papel alumínio	As superfícies cobertas com gelo

Fonte: próprio autor.

Para melhor visualização do processo do Efeito Estufa o pesquisador mostrou a simulação computacional Green House Effect, à figura 4 mostra a interface gráfica da mesma.

Figura 4 – Simulação computacional para o fenômeno do Efeito Estufa (Green House Effect).



Fonte: < <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/greenhouse>>.

Foi pedido que os estudantes respondessem a um questionário e entregassem ao professor.

Descreveremos a seguir a última etapa da intervenção didática.

2.3.3 Terceira Etapa: A Situação-Problema Final

Foi entregue os estudantes uma texto que continha uma notícia do site <www.pe360graus.com> de 27 de julho de 2009 que reportava a destruição causada pelo mar quando avançou sobre construções na região metropolitana da cidade de Recife.

O texto não trazia consigo qualquer explicação sobre qual seria a causa para tal avanço do nível do mar. Em seguida o texto trazia três questões que deveriam ser respondidas na forma escrita e individualmente pelos estudantes, as questões foram as seguintes:

- a. A física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê

- uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas;
- b. Caso a pessoa da situação anterior questionasse se o Aquecimento Global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta;
 - c. Por último, a pessoa lhe pergunta o que fazer para combater o avanço do nível do mar e/ou Aquecimento Global qual seria sua resposta?

Descrevemos a seguir os instrumentos para construção de dados.

2.4 OS INSTRUMENTOS DE REGISTRO

Para a construção dos dados optamos por utilizar os seguintes instrumentos: os registros escritos pelo próprio pesquisador (diário de bordo) e produções escritas dos estudantes

Os estudantes realizaram três atividades em que registraram suas respostas na forma escrita de forma individualmente, sendo respondidas durante a aula.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os instrumentos de coleta de dados adotados foram o “diário de bordo” registrado pelo pesquisador após a realização da intervenção didática e os documentos escritos pelos estudantes de forma individual. Como os instrumentos nos resultaram em documentos escritos optamos por analisá-los sob a ótica de Lawrence Bardin (2009).

Usaremos o “tema” como unidade de registro para identificar as categorias definidas priori, as unidades de contextos são expostas no início de cada bloco de análise quando caracterizamos a situação didática a cada encontro realizado, ressaltamos que não é foco desse trabalho o estudo das unidades de contexto, mas sim o “tema” como unidade de registro.

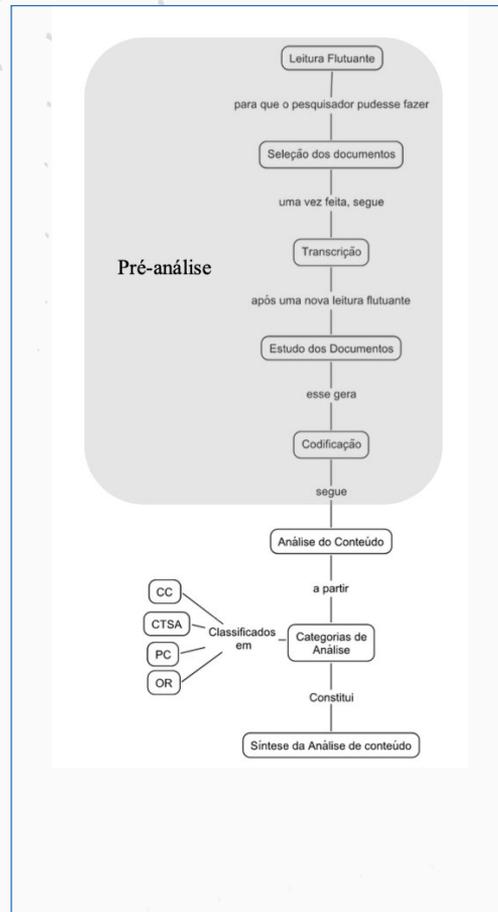
Inicialmente criamos quatro categorias de análise, de ordem predominantemente semântica, o que nos leva para o campo da

análise de conteúdo mais inclinada para hermenêutica. As categorias escolhidas foram:

- *Categoria dos conceitos científicos (CC)* – essa categoria tem por objetivo identificar nas produções dos estudantes as mensagens que forneçam elementos que nos ajudem a inferir quais e como os conceitos científicos são usados nas discussões sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa.
- *Categoria do pensamento complexo (PC)* – com essa categoria esperávamos conseguir inferir temas nas mensagens produzidas pelos estudantes que indiquem elementos que caracterizem um pensar de forma complexa as questões referentes ao Aquecimento Global e o Efeito Estufa (CAPRA, 1996 e MARIOTTI, 2000). Nesta categoria também procuramos identificar nas produções dos estudantes elementos que caracterizem os operadores de relação do conhecimento da teoria do Pensamento Complexo (MORIN, 1998). Estes operadores são: hologramático, recursivo, dialógico, níveis de realidade, lógica do terceiro incluso e emergência.
- *Categoria da relação CTSA (CTSA)* – nessa categoria objetivou encontrar elementos nas produções dos estudantes que nos ajudem a fazer inferências da utilização da relação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente nas discussões sobre o Aquecimento Global e o Efeito Estufa.

Na figura a seguir há um esquema de como a análise do conteúdo dos instrumentos de coleta de dados foram analisados.

Figura 5 - esquema do processo de análise de conteúdo dos instrumentos de coleta de dados.



Fonte: próprio autor.

Descrevemos a seguir a análise da situação-problema inicial.

3.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA INICIAL.

Apresentamos a situação-problema inicial em que tínhamos uma manchete de jornal que informava sobre a destruição de casas devido ao avanço do nível do mar, diante disso fizemos alguns questionamentos.

Os três estudantes escolhidos para representar as concepções da maioria da classe serão denominados de "A1", "B1" e "C1".

Descreveremos a seguir como cada um se portou diante da primeira questão da situação-problema inicial.

O estudante "A1" indica que o AG é o responsável pelo "derretimento das geleiras dos polos Sul e Norte" que causam uma elevação do nível do mar. A1 ainda foi enfático ao afirmar que o fenômeno tem causas antrópicas, mas não especifica esse mecanismo. Podemos ver uma relação de causa e efeito para o fenômeno o que é característica do pensamento linear, o estudante A1 não correlaciona mais causas para o fenômeno. A relação CTS é vaga uma vez que A1 indica que as "automóveis, indústrias, panificadoras" são responsáveis pelo AG, mas não indica como estas tem tal responsabilidade.

O estudante B1 cita um número maior de conceitos científicos para defender seu ponto de vista. Assim como A1 o estudante B1 explicita que o avanço do nível do mar é causado por um AG devido à ação humana. Porém B1 descreve que "um buraco na cama de ozônio" permitiu uma maior entrada de "raios UV (ultravioleta)" que seriam responsáveis por tal derretimento das "geleiras" e consequente aumento no "volume" dos oceanos. Os termos corretamente colocados, ainda que a quantidade de radiação seja incipiente para causar uma alteração substancial no volume dos oceanos, nos mostram que B1 tentou utilizar conceitos científicos para argumentar ante um fenômeno natural. A camada de ozônio é descrita corretamente como um filtro natural para radiação UV, mas é incorreto afirmar que esta tenha relação importante com o fenômeno da elevação da temperatura do planeta Terra (MOLION, 1995, 2006).

Uma variável importante destacada por B1 foi o "tempo", uma vez que essas mudanças não aconteceram de forma repentina.

O pensamento cartesiano ou linear é demonstrado por B1 na relação de causa e efeito. São apresentadas mais variáveis envolvidas no fenômeno do AG do A1 citou toda via não podemos dizer que B1 Apresenta indícios de uma forma sistêmica ou complexa de pensamento (MARIOTTI, 2000) uma vez que esse não fez correlações CTS ou com outras variáveis não antrópicas.

O estudante C1 conceitua corretamente o AG, como sendo uma elevação da temperatura do planeta. Ainda diz que esse fenômeno é causado pelo "Efeito Estufa", mas errou ao dizer que o Efeito Estufa é causado devido ao buraco da camada de ozônio. Disse

corretamente que um buraco na camada de ozônio causaria uma maior entrada de radiação solar, mas não foi tão específica quando B1 ao definir a faixa de radiação UV (HALLIDAY et al, 1996). O pensamento cartesiano é evidenciado pela expressão “efeito dominó” empregado por B1 para mostrar a linearidade do fenômeno ante as relações de causa e efeito.

Em nenhuma das produções dos estudantes encontramos indícios dos operadores de religação do pensamento complexo (MORIN, 2001).

A segunda questão nos permitiu verificar que os todos os estudantes indicaram que a diminuição da poluição atmosférica produzida pelo homem acarretaria uma redução do AG e um consequente retrocesso no nível dos oceanos. O estudante B1 reforçou que menores níveis de poluição reduziram o buraco na cama de ozônio.

O estudante A1 ressaltou que o homem tem invadido o “espaço da natureza” e que por isso tem sofrido as consequências, indicou como medida que as construções fossem realizadas mais afastadas da praia.

Mais uma vez as relações lineares foram sugeridas como soluções simples para um problema complexo como é o caso do AG. Marriott (2000) adverte que soluções lineares para problemas complexos resultam em mais problemas complexos. As relações sociais foram citadas superficialmente apenas por A1.

3.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Apresentamos aos estudantes uma atividade experimental e utilizados alguns recursos computacionais, como mencionados na metodologia, para auxiliar na compreensão do fenômeno.

Destacamos a participação ativa dos estudantes durante a realização da atividade experimental em que simulamos o fenômeno do Efeito Estufa. Os estudantes argumentavam as respostas dos colegas às perguntas do pesquisador; montaram prontamente o aparato experimental e escreveram suas respostas.

Quanto perguntados como a temperatura da caixa se comportou no interior da “estufa” A1 e B1 indicaram um aumento da temperatura mais acentuado do que no exterior da caixa, o que não

foi observado por C1. O que nos leva a afirmar que os estudantes observaram o fenômeno, mas não conseguiram dar uma explicação para este. Não encontramos indícios das categorias PC e CTS para essa questão da atividade experimental.

A segunda questão proposta aos estudantes era que estes fizessem analogias dos materiais utilizados na atividade e outros elementos da natureza. As repostas dos estudantes são sintetizadas no quadro a seguir:

Quadro 4 - analogias dos estudantes sobre componentes do Experimento e o Efeito Estufa.

Estudante	Componente do experimento	Componente no Efeito Estufa	Correlação feita
A1	Lâmpada	Sol	Fornecer energia para o sistema
	Camada de vidro	Atmosfera	Interage com a radiação
	Cartolina preta	Poluição (fumaça)	Responsável por reter energia na caixa
B1	Lâmpada	Sol	Fornecer energia para o sistema
	Caixa	Atmosfera	Absorver o calor, mantendo a temperatura mais alta que no exterior
C1	Lâmpada	Sol	Fornecer energia para o sistema
	Caixa	Planeta	Receber o calor do Sol
	Vidro	Camada de ozônio	Regula a passagem de radiação
	Cartolina preta	Asfalto	Absorve o calor do Sol

Fonte: próprio autor.

Note que todos os estudantes corretamente relacionaram o Sol com a lâmpada utilizada para fornecer energia ao sistema. O conceito de absorção foi explorado por B1 e C1, mas com elementos distintos. Verifica-se uma variedade maior de conceitos científicos utilizados nessa questão. Mas não observamos indícios de um Pensamento Complexo.

Na questão de número três perguntamos o que aconteceria se colocássemos uma superfície reflexiva invés de uma superfície opaca no interior da caixa. O estudante A1 respondeu corretamente que a temperatura no interior da caixa se elevaria mais lentamente do que

com o revestimento opaco. Porém B1 e C1 afirmaram o inverso, que a temperatura no interior da caixa elevar-se-ia mais rapidamente. Isso nos levou a confrontar as duas respostas proporcionando uma argumentação sobre o fenômeno a partir de conceitos científicos, que mediado pelo pesquisador, levou a um consenso.

Na quarta questão perguntamos o que aconteceria se colocássemos uma camada adicional de vidro sobre a caixa. A1 dá uma resposta conflitante, afirmando que a camada extra propiciaria um maior acúmulo de energia no interior da caixa e isso levaria a uma diminuição da temperatura. C1 e B1 indicam que um índice menor de radiação entraria na caixa, mas B1 é mais minucioso e descreve que isso acarretaria numa menor temperatura no interior da caixa comparada com a primeira situação.

Na última pergunta pedimos que os estudantes relacionassem outros fatores que alterariam a temperatura no interior da caixa. A1 e B1 indicaram que a distância entre a lâmpada e a caixa poderia causar tal alteração, assim como o revestimento e a espessura do vidro da caixa. Já C1 propôs a alteração dos materiais utilizados por outros mais “receptivos”, isso pode nos indicar que o estudante quer dizer materiais que absorvam mais radiação que os que foram utilizados.

3.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA FINAL

Tal como na situação-problema inicial tínhamos uma manchete de jornal que informava sobre a destruição de casas devido ao avanço do nível do mar, diante disso fizemos alguns questionamentos.

A primeira questão solicitava uma explicação para o avanço do mar na costa nordestina. A1 manteve praticamente a mesma explicação quando afirmou que a “poluição atmosférica” causaria o AG que seria a razão do tal avanço. B1 afirmou que o AG é a causa do avanço do nível do mar, assim como A1, porém a ideia do buraco na Camada de Ozônio mais uma vez apareceu no texto do estudante. C1 foi o estudante que mais evoluiu no teste uma vez que não afirmou que a Camada de Ozônio seria a causa do AG, e sim o derretimento das geleiras causadas por uma potencialização do Efeito Estufa, o AG.

Na segunda questão provocamos os estudantes a afirmar se o AG seria a cauda do avanço do nível do mar, aos que todos os estudantes apontaram afirmativamente. Acrescentaram que as geleiras são derretidas e daí haveria um acréscimo no volume dos oceanos.

A última questão solicitava que os estudantes apontassem possíveis soluções para o problema do avanço do nível do mar. Os estudantes unanimemente responderam que a diminuição da poluição atmosférica é a solução para o problema do AG, apenas A1 acrescentou que a distância das novas construções em relação a linha da praia deveria ser maior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A situação-problema inicial indicou que os estudantes tinham um conhecimento científico superficial dos fenômenos estudados e que se pautavam em discursos do senso comum. Os conceitos científicos eram estanques e descontextualizados das questões sociais que envolvem o AG.

A atividade experimental se mostrou promissora por motivar os estudantes a fazerem analogias, antecipações do que aconteceria se variáveis do sistema fossem alteradas e argumentar as respostas dos colegas utilizando a ciência para tomar decisões (BRASIL, 1999).

A atividade experimental permitiu que os estudantes correlacionassem múltiplas variáveis envolvidas nos fenômenos do Efeito Estufa e Aquecimento Global, o que permitiu a discussão de conceitos científicos de forma contextualizada em uma discussão entre Ciência-tecnologia-sociedade (MORTIMER, 2000-a, 2000-b).

É interessante comparar os resultados obtidos com os estudantes do Ensino Médio e outra pesquisa feita por nós em 2010 com estudantes de Física, uma vez que as respostas das à situação-problema inicial por ambos foi semelhante, o que nos pode levar a refletir sobre a eficácia do Ensino de Física para a construção do cidadão que possa posicionar-se diante dos desafios de seu tempo de forma consciente. Acreditamos que os meios de comunicação são a principal, se não a única fonte de informação sobre esse problema ambiental pungente de nosso tempo. As questões

ambientais são marginais e não transversais como nos orientam os documentos oficiais.

Com este trabalho concluímos que a inserção de temas como o Efeito Estufa/ Aquecimento Global, podem contribuir para a construção de conceitos científicos de forma contextualizada, dando margem para uma discussão sobre o papel da ciência na sociedade moderna e seus desdobramentos para a tecnologia e o meio ambiente. Apesar de ser uma tentativa inicial o uso de situação-problema sobre o AQ se mostrou satisfatória uma vez que fez com que os estudantes refletissem sobre o tema e utilizasse os conhecimentos Físicos para se posicionarem.

Como esperávamos o pensamento linear é soberano nas respostas dos estudantes o que nos leva a crer que mais que uma mudança de atitude, precisamos motivar uma mudança na forma de pensar na escola (MORIN, 1999).

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2009.

BELMONTE R. V. di. **Relatório Mudanças Climáticas, Mudanças de Vida**, 2006 Disponível em: <<http://p2-raw.greenpeace.org/brasil/greenpeace-brasil-clima/relatorio>> Acesso em: 08 setembro de 2009.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. – Brasília: Ministério da Educação, 1999.

_____. **Resultados do Censo Escolar 2013** da E. E. E. F. M. José Miguel Leão. Disponível em: <<http://www.qedu.org.br/escola/81553-eeefm-jose-miguel-leao/censo-escolar>> Acesso em 21 maio 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996. 330 p.

MARIOTTI, H. **Paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**. São Paulo: Palas Athena, 2000.

MEIRIEU, P. **Aprender...sim, mas como**. Porto Alegre: Artes Médicas, 7a ed., 1998. MOLION, L. C. B. **Global warming: a critical review**. México: Revista Geofísica no43, p. 77-86, 1995.

_____. **Variabilidade e forçantes climáticas**. Florianópolis: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, 27 a 4 de dezembro 2006.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2a ed., 1998.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez: Brasília, DF: UNESCO, 3a ed. 2001.

MORTIMER, E; SANTOS, W. L. P. O Ensino de C-T-S (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Contexto da Educação Básica Brasileira. Ensaio – **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000-a.

_____. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia- Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio – **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, dez. 2000-b.

Objeto de Aprendizagem Green House Effect (Efeito Estufa). Disponível em: < <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/greenhouse>>. Acesso em 21 maio 2014.

Perspectivas INPE: 2005-2009 - **Mudanças Climáticas**. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/apresentacoes/13_Apresentacao_SimpoSensRemoto.pdf> Acesso em 21 maio 2014.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

VILCHES, A., GIL, D.. **Construyamos un futuro sostenible: diálogos de supervivencia.** Madrid: Cambridge University Press, 2003.