

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROMESTRE – MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

Tarcísio da Eucaristia Tadeu de Mello

DIFERENTES ABORDAGENS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO CTSA/QSC SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL
POR TRÊS PROFESSORES EM ESCOLAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS

Belo Horizonte

2017

Tarcísio da Eucaristia Tadeu de Mello

DIFERENTES ABORDAGENS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO CTSA/QSC SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL
POR TRÊS PROFESSORES EM ESCOLAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientadora: Prof. Dra. Penha das Dores Souza

Coorientador: Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Junior

Belo Horizonte

2017

M527d
T

Mello, Tarcísio da Eucaristia Tadeu de, 1961-
Diferentes abordagens no desenvolvimento de uma sequência de ensino
CTSA/QSC sobre aquecimento global por três professores em escolas públicas de
Minas Gerais / Tarcísio da Eucaristia Tadeu de Mello. - Belo Horizonte, 2017.
109 f., enc, il.

Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de
Educação.

Orientadora: Penha das Dores Souza Silva.
Co-orientador: Orlando Gomes de Aguiar Junior.
Bibliografia : f. 68-70.
Apêndices: f. 71-73.
Anexos: f. 74-109.

1. Educação -- Teses. 2. Física -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Aquecimento
global -- Estudo e ensino -- Teses. 4. Efeito estufa (Atmosfera) -- Estudo e ensino --
Teses. 5. Mudanças climáticas -- Estudo e ensino -- Teses. 6. Mudanças globais de
temperatura -- Estudo e ensino -- Teses. 7. Física -- Métodos de ensino -- Teses.
8. Aquecimento global -- Métodos de ensino -- Teses.

I. Título. II. Silva, Penha das Dores Souza. III. Aguiar Junior, Orlando Gomes de.
IV. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

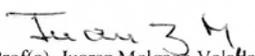
DIFERENTES ABORDAGENS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO CTSA/QSC SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL POR TRÊS PROFESSORES EM ESCOLAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS.

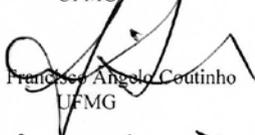
TARCISIO DA EUCARISTIA TADEU DE MELLO

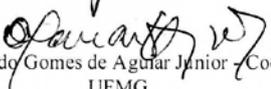
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada em 11 de fevereiro de 2016, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Penha das Dores Souza Silva - Orientador
RUFMG


Prof(a). Juarez Melgaco Valadares
UFMG


Prof(a). Francisco Angelo Coutinho
UFMG


Prof(a). Orlando Gomes de Aguiar Junior - Coorientador
UFMG

Belo Horizonte, 11 de fevereiro de 2016.

A meus queridos pais, José e Haydeé,
primeiros e mais importantes mestres em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quem é o outro que sempre anda a teu lado?
Quando somo, somos dois apenas, lado a lado,
Mas se ergo os olhos e diviso a branca estrada
Há sempre um outro que a teu lado vaga.

T. S. Eliot

Obrigado a todos que andaram ao meu lado nessa estrada.

Haverá por certo um tempo

De pensar se ousarei. Ousarei?

...Ousarei perturbar o universo?

T. S. Eliot

RESUMO

Essa pesquisa tem como objetivo verificar de que forma uma sequência de ensino sobre aquecimento global e mudanças climáticas foi trabalhada por três professores de Física em três escolas públicas estaduais. O tema envolve um assunto controverso e interdisciplinar, que é o aquecimento global e as mudanças climáticas, e a sequência promove a discussão e estudo sobre o debate entre dois grupos antagônicos: o que defende a tese de que o aquecimento global e as mudanças climáticas são produzidos pela atividade humana - causa antropogênica - e o outro que afirma ser o aquecimento e as mudanças climáticas uma consequência de causas naturais. O tema apresenta uma dimensão interdisciplinar, e até com potencial de exploração transversal, nela são também abordados conhecimentos de Física na perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA a partir de questões sociocientíficas. Tomando como fonte de informação o depoimento de cada um desses professores em entrevistas gravadas em áudio, procuramos identificar quais foram as suas escolhas na exploração dos pressupostos do ensino CTSA/QSC apresentados pela sequência de ensino.

Palavras-Chave: sequência de ensino CTSA/QSC, aquecimento global, mudanças climáticas, ensino de física.

ABSTRACT

This research aims to determine how a teaching sequence on global warming and climate change was worked by three Physics teachers into three public schools. The theme involves a controversial and interdisciplinary subject and the sequence promotes the discussion and study of the debate between two opposing groups: one defending the thesis that global warming and climate change are produced by human activity, anthropogenic causes, the other claims the warming and climate changes being a consequence of natural causes. The issue presents an interdisciplinary dimension, and even potential of cross exploration, the teaching sequence Physics concerns a STSE approach by means of socio scientific issues (SSI). Using as source of information the speech of teachers in interviews, we seek to identify what were their choices in the exploration of STSE/SSI assumptions presented by the teaching sequence.

Keywords: teaching sequence STSE/SSI, global warming, climate changes, physics' teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: variação histórica da temperatura média global | 21 |
| FIGURA 2: diagrama do referencial QSC | 32 |
| QUADRO 1: interseções dos pressupostos CTSA/QSC com aspectos centrais do referencial teórico Sadler e Murakami | 37 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| CAPÍTULO 1: JUSTIFICATIVA | 13 |
| CAPÍTULO 2: ENSINO COM ABORDAGEM CTS/QSC | 15 |
| CAPÍTULO 3: PRESSUPOSTOS DO ENSINO CTSA/QSC: AS CATEGORIAS DE ANÁLISE | 24 |
| CAPÍTULO 4: REFERENCIAL TEÓRICO | 32 |
| CAPÍTULO 5: METODOLOGIA | 41 |
| CAPÍTULO 6: ANÁLISE DAS ENTREVISTAS | 45 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 65 |
| REFERÊNCIAS..... | 68 |
| APÊNDICE I: PERGUNTAS PARA A ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM OS PROFESSORES | 71 |
| APÊNDICE II: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – PROFESSORES | 73 |
| ANEXO: PRODUTO DO MESTRADO PROFISSIONAL | 74 |

INTRODUÇÃO

Essa pesquisa é sobre o desenvolvimento de uma sequência de ensino com abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com Questões Sociocientíficas por três professores de Física de diferentes escolas da rede pública estadual de Minas Gerais.

É objetivo desta dissertação identificar as singularidades apresentadas por esses professores durante o desenvolvimento da sequência de ensino, cujo tema é o aquecimento global e as mudanças climáticas. Os dados foram coletados a partir do depoimento destes professores por meio de entrevistas gravadas em áudio. O tema trabalhado na sequência de ensino envolve um assunto controverso e interdisciplinar que é o aquecimento global e as mudanças climáticas. Neste sentido, esta sequência promove a discussão e o estudo sobre o debate entre dois grupos antagônicos: o que defende a tese de que o aquecimento global e as mudanças climáticas são produzidos pela atividade humana - causa antropogênica - e o outro que afirma ser o aquecimento e as mudanças climáticas uma consequência de causas naturais. Espera-se por meio do desenvolvimento da sequência de ensino, promover o debate entre os estudantes, e assim, estimular o desenvolvimento do pensamento crítico. Embora, o tema apresente uma dimensão interdisciplinar e também possa ser explorado de forma transversal, na discussão dessa sequência de ensino foram trabalhados mais especificamente conhecimentos de Física na perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) por meio de Questões Sociocientíficas (QSC).

Na análise das entrevistas com os professores procuramos identificar elementos presentes nos seus discursos sobre o que e como fizeram no desenvolvimento da sequência de ensino, assim como, observar aspectos do ensino CTSA/QSC presentes no desenvolvimento da sequência, que também foram levantados na literatura pesquisada.

Iniciamos essa pesquisa buscando identificar como surgiu o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A sequência de ensino usada pelos professores nessa pesquisa é introduzida nesse contexto. Em seguida, fizemos uma apresentação da revisão bibliográfica sobre o ensino CTS por meio de QSC. Procuramos nessa revisão bibliográfica o que aparece como sendo mais significativo nessa abordagem de ensino. Apresentamos, então, um referencial teórico para analisar e produzir sequências de ensino com QSC, e a partir desse referencial procedemos à análise do discurso dos professores, munidos com as categorias de análise identificadas a partir da literatura estudada.

Os resultados alcançados nessa pesquisa foram obtidos por meio de um cotejamento entre o que se destacou na literatura sobre ensino CTSA/QSC com o que se destacou no discurso dos professores sobre o desenvolvimento da sequência de ensino. Nesse cotejamento percebemos que os pressupostos do ensino CTSA/QSC, que identificamos como categorias de análise, também estavam presentes no discurso dos professores. Por meio da análise de como cada professor trabalhou com essas categorias buscamos demonstrar como se apropriaram da sequência de ensino e de seus pressupostos. Além disso, procuramos evidenciar que outros valores e saberes foram agregados pelos professores no desenvolvimento da sequência de ensino.

Optamos, por uma questão de simplicidade, em organizar essa dissertação em uma forma clássica de introdução, desenvolvimento e conclusão. No capítulo 1, fizemos uma justificativa da pesquisa recorrendo a minha experiência profissional. No 2, escrevemos sobre as razões e as origens do ensino CTSA/QSC, e também apresentamos a sequência de ensino usada pelos professores. No 3, fizemos a revisão bibliográfica procurando identificar os aspectos mais importantes que caracterizam a abordagem de ensino CTSA/QSC. No 4, apresentamos o referencial teórico. No 5, relatamos a metodologia. E fechando o desenvolvimento, fizemos a análise das entrevistas no capítulo 6. Finalmente, apresentamos as considerações finais.

CAPÍTULO 1: JUSTIFICATIVA

A síntese que será apresentada nesse primeiro capítulo só foi possível ser alcançada após um longo caminho, que pode ter começado com uma simples pergunta que, acredito, todos os professores em algum momento já devem ter ouvido de seus alunos: “ por que eu tenho que aprender isso professor? ” Talvez, a resposta naquele momento pudesse até mitigar a insatisfação do estudante, mas, para um professor, confesso, nunca foi totalmente convincente. E, depois, na caminhada para fora da sala de aula, aquela questão incomodava como uma pedra no sapato. Entendo que esse tipo de pergunta é uma provocação, com a qual somos levados a refletir e a fazer indagações sobre nossa prática pedagógica.

A minha iniciativa para superar essas dificuldades relacionadas ao ensino de conteúdos que não têm significado para a vida de uma parte dos nossos alunos começou de forma solitária, por meio de tentativas e erros produzidos entre as quatro paredes de uma biblioteca e as quatro paredes da sala de aula. Em determinado momento, me dei conta que a dimensão desse problema não permitia a solução por iniciativas individuais. Procurei interagir com colegas professores, mas as dificuldades que encontramos na dura realidade enfrentada pela sobrevivência em nossa profissão nos obriga a assumir dois ou três turnos de jornada diária de trabalho, o que inviabiliza ou compromete severamente qualquer tentativa de um trabalho colaborativo. A necessidade de sobrevivência, às vezes, nos leva até a buscar trabalho longe de nossas origens. Eu, que comecei lecionando no curso de educação de jovens e adultos (EJA) do Centro Pedagógico da UFMG, fui posteriormente trabalhar em escolas de uma rede particular em unidades no Pará, Amazonas e no interior de Minas. Essa perambulação de um estado a outro, de uma cidade a outra, impediu durante muitos anos minhas tentativas de voltar a estudar e tentar uma pós-graduação. Mas, em 2001 surgiu a possibilidade de voltar às origens, com a abertura de concurso público no estado e na prefeitura de Belo Horizonte. Aprovado nos dois concursos ingressei no ensino público estadual em 2002 e no municipal em 2003, e assim, tenho trabalhado na rede pública desde então. Em 2005 a oportunidade tão esperada de fazer uma pós-graduação surgiu por meio de um convênio entre a prefeitura de Belo Horizonte e a UFMG que selecionou professores para o curso de especialização em ensino de ciências do Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG). A busca por uma forma de trabalhar que autentificasse significados na experiência de ensino-aprendizagem com meus alunos, me levou a um estudo sobre atividades investigativas. Para minha monografia, elaborei uma série de atividades que exploravam circunstâncias do cotidiano divulgadas na mídia, e que por meio delas procurava contextualizar o ensino de física e, mais especificamente, o conceito de

entropia. Acredito que esse é um conceito fundamental para entender o alto grau de desordem que impera em nossa sociedade em uma dimensão global. Assim, procurei apresentar uma forma de ensinar física que provocasse reflexões para a formação de um pensamento crítico e, conseqüentemente, despertasse em meus alunos atitudes de compromisso com a vida, o ambiente e a sociedade. Sei que essa é apenas uma pequena parte do grande desafio que é imprimir significados na experiência de ensinar e aprender para e com nossos alunos. Por sentir que ainda há muito a fazer e conquistar, é que estou aqui, mergulhado nessa nova proposta de trabalho. Agora, depois desses dois anos de estudos, acredito que, mesmo sem ter planejado que assim fosse, essa pesquisa é uma continuação naquela busca para responder aos meus alunos: “ porque temos que aprender isso? ”

Essa exposição da minha trajetória tem o objetivo muito simples de justificar que, com essa pesquisa, procuro produzir alguma coisa que possa ser útil para a minha prática de ensinar, significativo para meus alunos no ato de aprender e que, com isso, humildemente, espero oferecer uma pequena contribuição para facilitar um pouco a árdua tarefa de ensinar dos meus colegas professores. Não com o objetivo de oferecer um conhecimento para ser copiado ou reproduzido, mas um conhecimento que estimule uma reflexão. E que a partir dessa reflexão sobre o que os professores fizeram, outros possam descobrir seus próprios caminhos e soluções.

Acredito que o sentimento de insatisfação do estudante por trás daquela pergunta se deve em grande parte a um ensino descolado da realidade vivida, da falta de contexto no que é trabalhado em sala de aula. Vejo na abordagem de ensino de ciências associado aos problemas sociais por meio de reflexões produzidas por questões sociocientíficas, uma possibilidade de introduzir esse contexto no trabalho em sala de aula e, dessa forma, estimular a participação ativa naquele aluno que não vê muito sentido no aprender física. Considero que a experiência de trabalhar em uma pesquisa com um grupo de professores, em uma sequência de ensino por meio desse tipo de abordagem, poderá representar uma oportunidade para pensar em formas diversificadas de ensinar, que contribuam para transformar o ensino em um empreendimento mais atrativo para nossos estudantes. Uma oportunidade para aprender com quem tem mais competência para ensinar: os professores.

CAPÍTULO 2: ENSINO COM ABORDAGEM CTS/QSC

A realidade do ensino de Física nas escolas públicas tem revelado uma série de dificuldades que resultam, por um lado, em baixo rendimento e falta de interesse dos alunos e, por outro lado, a frustração e a insatisfação que são abertamente declaradas em conversas no convívio diário com professores em exercício da docência. Minha experiência como professor de Física na rede estadual de ensino de Minas Gerais me leva a afirmar que as propostas do Estado, como os *Currículos Básicos Comuns* e o *Reinventando o Ensino Médio*, que a Secretaria de Estado da Educação tem implementado, têm sido pouco eficazes para reverter esse quadro. Acreditamos que estes problemas são em parte produzidos por uma estrutura precária que já algum tempo se faz presente nas escolas da rede pública de Minas Gerais. Como por exemplo, excessivo número de alunos por turma, constantes mudanças na equipe docente em função do término do contrato de professores não efetivos, extensa jornada de trabalho dos professores, laboratórios sucateados ou inexistentes, bibliotecas desatualizadas e em espaços inadequados, carência de profissionais como psicólogos e assistentes sociais para atender aos inúmeros conflitos que ocorrem na escola, entre outros. Contudo, os problemas apontados parecem ter causas também associadas à metodologia e aos conteúdos de ensino, tradicionalmente trabalhados de forma expositiva e depositária de conhecimento. Em um mundo globalizado estamos recebendo uma quantidade exorbitante de informações novas a cada instante, o que faz com que seja impossível basearmos nosso trabalho com educação só na transmissão de conhecimentos. Como aponta Auler (2007), o ensino propedêutico amesquinha o trabalho do professor.

Historicamente, no contexto brasileiro, inovações e mudanças no processo educacional, de forma hegemônica, configuraram-se como inovações no campo metodológico. Ou seja, buscaram-se novas respostas para a questão: como ensinar melhor? O imaginário docente sempre buscou respostas nesse âmbito. Em todas elas, em maior ou menor intensidade, permaneceu a ruptura entre o “mundo da escola” e o “mundo da vida”, aspecto associado à dimensão propedêutica (...). Assim, nas últimas décadas, algo profundo permaneceu intocável, fora do alcance de uma reflexão crítica: o currículo. Foi internalizado, naturalizado que o currículo, repetido ano após ano, é o ideal. Nessa concepção, absolutamente hegemônica, o professor foi colocado, hierarquicamente, numa posição inferior, seu papel foi reduzido à busca incessante de novas metodologias, novas técnicas para melhor cumprir programas, para vencer conteúdos. O professor, assim como a comunidade escolar, foi alijado do essencial: fazer programas, fazer currículos. O que ensinar e por que ensinar geralmente é considerado como algo dado, definido em outras instâncias. [...] Espera-se, com isso, que os professores deixem de ser meros consumidores de currículos concebidos e elaborados em outras instâncias, passando a assumir o papel de “fazedores” de currículos. (AULER, 2007)

O ensino acadêmico, propedêutico e fundamentado na transmissão de conteúdos deu origem a definições como o “ensino bancário” para expressar o acúmulo de conteúdo ou como

o nomeado por Roldão (1999): “síndrome do cumprimento dos programas”. Essas expressões sintetizam bem o que é o ensino tradicionalmente encontrado nas salas de aula. Uma forma de ensino que condiciona professores e alunos a permanecerem passivos no processo de ensino-aprendizagem. Os professores por apenas cumprir um currículo pré-estabelecido e os estudantes por só receberem os conteúdos transmitidos. Muitas vezes, conteúdos que não têm nenhuma relação com o que experimentam nas suas experiências com a vida. Diante da complexidade que emerge dos fatos e fenômenos presentes na vida em sociedade no mundo contemporâneo, o livro didático não pode servir como única referência pedagógica em nosso trabalho em sala de aula. Observamos também que os estudantes não têm demonstrado interesse em aulas expositivas, apresentando um comportamento apático como relatam os professores, o que nos leva a afirmar que este modelo baseado apenas em exposição de conteúdos já se esgotou e que, portanto, temos de buscar novas abordagens para o trabalho em sala de aula. Os problemas aqui mencionados, identificados a partir da minha experiência em sala de aula, colhidos das informações obtidas pelo convívio diário com professores e relatados na literatura, demandam soluções que devem ser buscadas em novas propostas de ensino de Física e que encontrem ressonância com o que é defendido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento [Física] tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea ... É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma compreensão de mundo e a formação da cidadania mais adequada”. (PCN, 1999)

Segundo Santos (2007), há um princípio de contextualização no ensino de ciências não apenas no texto original dos PCN, mas também em documentos posteriores como as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2006). Essa contextualização tem como objetivos: desenvolver atitudes e valores, facilitar o ensino e aprendizagem de conceitos científicos, e promover habilidades para o relacionamento do ensino escolar com temas de ciência e tecnologia na sociedade e na vida cotidiana. Acreditamos que é possível produzir essa contextualização por meio da discussão de temas sociais que aparecem em questões sociocientíficas (QSC) que incluem problemas ambientais, sociais, éticos, políticos e econômicos.

As primeiras experiências de ensino classificadas como Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surgiram a partir de 1970 e tinham como objetivo efetuar uma mudança no ensino de ciências introduzindo discussões sobre as mútuas influências entre ciência, tecnologia

e sociedade. As décadas de 60 e 70 foram marcadas por uma forte tomada de consciência dos problemas ambientais e sociais produzidos principalmente pelas novas tecnologias da indústria química e bélica. A adesão inicial a uma visão ingênua, quase que unânime, dos benefícios e promessas de progresso produzidos pela ciência na década de 50, vai cedendo lugar a uma consciência mais crítica, criada a partir dos problemas de poluição e do poder de destruição devastador das armas nos conflitos a partir da segunda guerra mundial. As bombas nucleares, armas químicas e biológicas, os efeitos mortais dos pesticidas estão entre os produtos mais assustadores da ciência e tecnologia nesse período. Assim, no início da década de 70 começam a surgir as primeiras propostas de incorporar uma discussão dos impactos produzidos na sociedade pela ciência e tecnologia, como uma forma de desenvolver nos estudantes uma visão crítica e que os habilitasse para o exercício da cidadania. Acreditava-se que, assim, o estudo de disciplinas científicas ficaria mais atraente para os estudantes em um contexto que mostrasse como a ciência afetava a tecnologia e vice-versa, assim como essa por sua vez influía na sociedade e vice-versa, ou seja, procurou-se a construção de um currículo com uma dimensão social. Nesse contexto, Zeidler *et al* (2005) descrevem o surgimento de um movimento CSTA, com A de ambiente, de modo a enfatizar a importância das questões ambientais em abordagens CTS. Embora não haja uma concordância entre os educadores para o acréscimo do termo ambiente, essa inclusão nos parece ser mais coerente em função do agravamento dos problemas ambientais como a poluição, o desmatamento, a destruição da camada de ozônio, o descarte do lixo e entre tantos outros, mais recentemente, o aquecimento global. Completando essa abordagem de ensino, são também tratadas em seu conjunto de discussões as questões éticas e morais envolvidas em ciência e tecnologia por meio das questões sociocientíficas. Como relatam Zeidler *et al* (2005), a NSTA (Associação de Professores de Ciência dos Estados Unidos), em documento da década de 80, descreve o que considera ser uma pessoa alfabetizada cientificamente como quem entende e está bem informada acerca das conexões e interdependências entre ciência, tecnologia e sociedade. Para efetivar essa alfabetização científica esses autores propõem um modelo conceitual que identifica quatro importantes fatores de influência ao se considerar o ensino por meio de QSC. Que sintetizamos a seguir:

1) Questões da natureza da ciência:

As orientações epistemológicas relativas à natureza da ciência influenciam como os estudantes lidam com evidências que sustentam ou que estão em conflito com seu sistema de convicções pré-instrucional ao considerar-se as questões sociais. (ZEIDLER *et al*, 2005)

2) Questões do discurso de sala de aula:

São as que reforçam o papel crucial do discurso produzido em interações entre estudantes e o seu impacto na racionalização. A análise dessas questões revela a importância do desenvolvimento das percepções dos estudantes sobre ciência, por meio da argumentação na construção do conhecimento socialmente compartilhado, via discurso sobre QSC. (ZEIDLER *et al*, 2005)

3) Questões culturais:

São as que colocam em evidência os aspectos da diversidade e sociológicos das salas de aula de ciência. Atentos às questões culturais os educadores identificam, dão a conhecer e maximizam as oportunidades apresentadas pelos diversos grupos de estudantes que podem reunir diferentes culturas, habilidades e gêneros. Essa perspectiva sociocultural por meio da educação enfatiza a necessidade de considerar os estudantes como agentes morais intimamente envolvidos com seu próprio ambiente cultural, natural e tecnológico. A essência do bom ensino, nesta visão, deve incluir o desenvolvimento moral e ético dos jovens. (ZEIDLER *et al*, 2005)

4) Estudos de casos:

Estudos de casos reforçam o posicionamento que, a fim de desenvolver-se o letramento científico dos cidadãos, os educadores em ciência devem ir além das práticas já estabelecidas em CTS, que usualmente não colocavam atenção explícita no desenvolvimento moral dos jovens, e ao invés disso, envolver os estudantes com tipos de questões e problemas que estimulem conjuntamente o intelecto e o senso de caráter. (ZEIDLER *et al*, 2005)

A sequência de ensino que acompanhamos nesta pesquisa adota esta abordagem ao incorporar uma QSC (debate sobre causas e consequências das mudanças climáticas observadas no último século) por meio do ensino CTS.

Assim, as QSC representam uma dimensão ampliada de compreensão do ensino CTSA com considerações éticas e morais que contribuem para o desenvolvimento cognitivo de forma a promover o letramento científico. Entendemos, então, o movimento CTSA/QSC, como passaremos a designar nesta pesquisa, como uma abordagem de temas autênticos de ciência e da tecnologia por meio de questões sociocientíficas de caráter controverso.

Acreditamos que esta é uma abordagem que pode ampliar os horizontes do ensino de ciências e propiciar a formação de uma visão crítica no estudante, não só para superar as dificuldades de uma vida em sociedade, mas também para perceber que a ciência não é uma verdade inquestionável, mas um processo histórico social. Como tudo que é humano, também as teorias científicas apresentam modelos de caráter provisório e se estabelecem em função de interesses políticos e econômicos, o que desmistifica a crença em sua infalibilidade e neutralidade. A necessidade de superar uma visão dogmática acerca da ciência pode abrir portas para a discussão de questões controversas e estimular a participação dos estudantes na elaboração de uma compreensão genuína do que é a ciência e de como ela procura explicar os

fenômenos estudados. Além disso, a ciência e a tecnologia têm interferido de forma significativa na natureza e na sociedade, o que faz indispensável a participação social nas decisões e no planejamento de ações em ciências e tecnologia, criando-se dessa forma uma espécie de “filtro social”, isto é, o letramento científico poderia capacitar o cidadão para compreender o discurso dos especialistas em ciência e tecnologia e a partir de uma avaliação crítica escolher o que é melhor para a sociedade nos processos de tomada de decisão. (SANTOS; MORTIMER, 2002)

Nesse sentido a UNESCO apresenta como um de seus parâmetros, em relação a orientações educacionais para um mundo globalizado, a divulgação de um programa para a educação sustentável. Esse programa tem objetivo de promover a formação de cidadãos que sejam capazes de entender e superar os grandes desafios que são apresentados em nossos dias, no que se refere às questões ambientais. Segundo o texto no site da UNESCO:

A educação para o futuro sustentável significa incluir questões-chave sobre o desenvolvimento sustentável no ensino e na aprendizagem, por exemplo, mudança climática, redução de riscos de desastres, biodiversidade, redução da pobreza e consumo sustentável. Também requer métodos participativos de ensino e aprendizagem para motivar e empoderar alunos a mudar seus comportamentos e tomar atitude em favor do desenvolvimento sustentável. A Educação para o Desenvolvimento sustentável promove competências como pensamento crítico, reflexão sobre cenários futuros e tomadas de decisão de forma colaborativa. (UNESCO, 2005)

Portanto, estamos convencidos da importância de buscarmos *novas formas de aprender e ensinar*, que promovam de modo consistente a formação de indivíduos capazes de compreender os fenômenos e os fatos presentes em nossa sociedade, podendo assim contribuir com uma participação responsável e propositiva na discussão e solução de problemas contemporâneos.

A compreensão de mundo e a formação da cidadania é uma das questões contempladas na abordagem CTSA/QSC ao incorporar no currículo uma dimensão crítica na relação ciência, tecnologia e sociedade por meio de uma discussão das responsabilidades sociais do uso das novas tecnologias (AIKENHEAD, 1994). Além disso, o tema da sequência didática que foi utilizada, aquecimento global e suas consequências, envolve preocupações presentes em um amplo espectro de discussões na sociedade contemporânea. Acreditamos que por ser um tema atual e controverso, estimule o debate e favoreça o uso da dialogia, que são aspectos que consideramos importantes na compreensão e busca de solução dos problemas em qualquer sociedade que pretende ser democrática e formadora da cidadania. Ainda podemos acrescentar

que os temas controversos trazem a possibilidade de inserção de aspectos da natureza da ciência que normalmente não são discutidos em sala de aula como suas limitações com relação a infalibilidade dos seus prognósticos e imparcialidade nos julgamentos de valores, assim como o desenvolvimento de habilidades e atitudes para a formação de um pensamento crítico (RIBEIRO; KAWAMURA, 2014).

A sequência de ensino utilizada em nossa pesquisa é uma adaptação de uma sequência elaborada originalmente por um grupo de professores da Faculdade de Educação (FaE) e do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC). Assim, a sequência inicial foi desenvolvida pelos professores Maria Emília Caixeta de Castro Lima e Orlando Aguiar Júnior, da FaE; Andréa Horta Machado¹, do Coltec, para ser usada pela professora Andrea com os alunos do primeiro ano na disciplina Química. O assunto tratado na sequência, aquecimento global e mudanças climáticas, tem sido amplamente divulgado na mídia. Por envolver fenômenos do clima, o grau de complexidade associado à sua compreensão é dos mais elevados. Em decorrência, observamos o surgimento de posicionamentos divergentes e controversos sobre as causas e efeitos observados no encadeamento dos fatores do clima. A sequência propõe uma discussão entre dois grupos de pesquisadores que defendem posições antagônicas. Um deles, representado principalmente pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), afirma que o aquecimento global e as mudanças climáticas são produzidas pela atividade humana. O outro, formado por um grupo de cientistas de várias instituições de pesquisa, alguns deles citados na sequência de ensino, defendem que as causas desses fenômenos são decorrentes principalmente de fatores naturais. Parte do debate em relação a essa controvérsia gira em torno das causas do aumento da temperatura média global, obtida por meio de registros de medidas de temperatura em várias localizações do planeta e ao longo de um período de tempo que se estende do final do século XIX até o presente.

¹ MACHADO, A. H.; AGUIAR Jr., O. G.; LIMA, M. E. C. de C.; BARBOSA, Luís G. D. **Aquecimento Global e Efeito Estufa: A ciência por trás de uma controvérsia.** Não publicado.

MACHADO, A. H. **Aquecimento Global – Atividade para abordagem no ensino médio.** Coltec/Química – FaE – UFMG. Sequência de ensino – versão preliminar.

Os cálculos da temperatura média têm seus resultados lançados em um gráfico, como o que pode ser visto na figura seguinte.

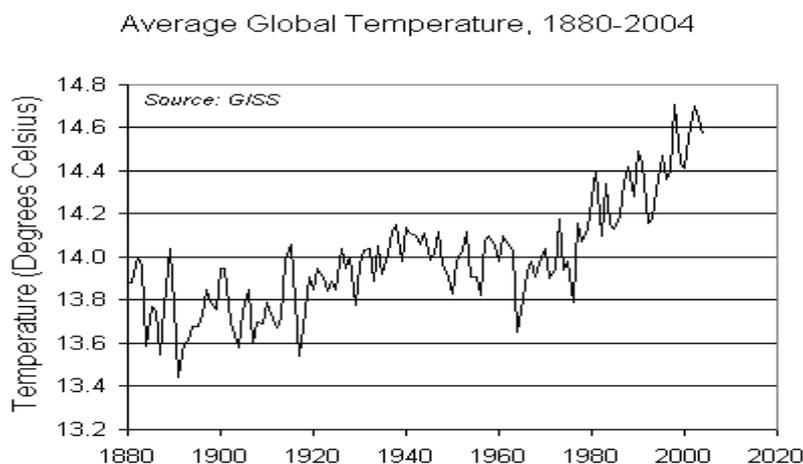


Figura 1: Variação histórica da temperatura média global (superfície da atmosfera) em relação ao valor médio entre 1880-2004. Fonte: NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS).

Este gráfico, que está na sequência de ensino, mostra a variação da temperatura média global entre os anos 1880 e 2004. Pode-se identificar um viés de alta a partir do início do século XX. Como causa desse aumento o IPCC tem identificado as fontes geradoras de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano, produzidos em maior quantidade pelas atividades industriais e agropecuárias. Os cientistas contrários a essa tese levantam questões em um variado conjunto de argumentações que vão desde a inconsistência na metodologia de medições da temperatura global, o que diminuiria a confiabilidade no cálculo da temperatura média, até a influência da radiação cósmica na formação das nuvens, diminuindo o efeito albedo e provocando o aquecimento do Planeta. Sem assumir um posicionamento favorável a um dos grupos, a sequência dirige uma investigação a partir dessas duas correntes. As QSC surgem no desenvolvimento dessas investigações, principalmente por meio de leituras de artigos de divulgação científica e da discussão de informações veiculadas na mídia. Para a compreensão dos fenômenos físicos e químicos que fazem parte desse estudo são propostas algumas experiências e simulações, disponíveis em sites como o King's Centre for Visualization in Science (KCVS)².

² <<http://www.kevs.ca/projects/climate/climate.php>>

O tema aquecimento global e mudanças climáticas oferece múltiplas possibilidades para discussões e debates em função da sua dimensão transversal, sua atualidade, e sua repercussão na mídia devido seus impactos na sociedade e no meio ambiente. Assim, temos boas razões para acreditar que, ao fazer suas escolhas para trabalharem com a sequência, cada um dos professores deixará sua marca pessoal ao longo do caminho. Por exemplo, considerando o aquecimento global, o professor pode escolher explorar mais detalhadamente as questões relacionadas à termodinâmica desse fenômeno, ou à dinâmica dos fenômenos atmosféricos ou questões políticas, éticas, econômicas e sociais envolvidas com esse fenômeno ou, ainda, questões epistemológicas relativas a como crenças socialmente construídas influenciam na aceitação ou negação das explicações científicas.

O foco principal dessa pesquisa é identificar qual a condução que cada um dos professores deu para a sequência de ensino em suas aulas, e como planejam fazê-lo no próximo ano. Sabemos que os professores se apropriam dos materiais curriculares e os transformam ao utilizá-los, mesmo quando pensam em fazê-lo plenamente. Assim, nos parece necessário investigar não apenas a sequência didática em si e suas potencialidades educativas, mas o modo como ela vai sendo re-significada e trabalhada por diferentes professores.

Os diferentes desenvolvimentos de uma sequência didática inovadora podem nos ajudar a compreender a própria sequência, quando vista a partir da perspectiva dos professores, e, também, identificar as concepções dos professores sobre ensino e aprendizagem, ciência e tecnologia e sobre prioridades e metas para a educação em ciências.

Autores como Pérez e Carvalho (2012) têm apontado algumas dificuldades encontradas pelos professores no trabalho com QSC que podem ser identificadas como sendo curriculares, pedagógicas e formativas. Para a superação dessas dificuldades, os referidos autores sugerem planejamento do ensino e ações sustentadas em referencial teórico e metodológico. Segundo os mesmos autores, o trabalho com QSC demanda dos professores:

- Participação ativa;
- Habilidade para lidar com currículos congestionados por exigências propedêuticas;
- Atenção aos conflitos gerados pela diferença da cultura juvenil com a acadêmica;
- Capacidade de trabalho interdisciplinar, pois QSC são transversais e muitas vezes requerem a formação de um grupo de professores interessados em trabalhar em equipe.

Ainda podemos apontar que tradicionalmente a ciência e a tecnologia são trabalhadas em sala de aula como um conhecimento compartimentado e sem conexões com as questões sociais, políticas e históricas. Contudo, como qualquer outra atividade humana, a ciência é uma construção social que se forma ao longo da nossa história. Essa dimensão social e histórica da ciência aparece como uma grande dificuldade a ser superada por professores de disciplinas específicas como Física e Química que, como sabemos, têm uma formação fortemente comprometida com o caráter mais técnico de suas áreas de estudo. O que equivale a dizer que transitam com mais segurança no tratamento dos conteúdos conceituais e com o formalismo matemático. Como mostra a pesquisa conduzida por Silva e Carvalho (2009) com estudantes em conclusão de curso de licenciatura de Física, as dificuldades relacionadas com a reprodução de concepções forjadas na formação estão entre as principais apontadas, assim como falta de material didático adequado às QSC e pouco tempo para o preparo de aulas com discussão de questões inovadoras como as que conduzem ao entendimento de controvérsias.

Assim, o trabalho com QSC em sala de aula é um caminho difícil de trilhar, o que faz muitos professores evitarem a discussão de problemas relacionados à natureza da ciência em suas dimensões sociais, éticas e políticas, por perceberem o grande desafio que terão de vencer. Entretanto, ao trazer essa discussão para a sua prática, o professor se apropria de recursos que viabilizam a formação do pensamento crítico de seus alunos, desenvolvendo um processo necessário para a compreensão dos impactos ambientais e a busca de um modelo de vida sustentável, o que torna o esforço compensador.

Em contrapartida, encontramos alguns aspectos facilitadores no desenvolvimento dessa abordagem, como, por exemplo, o fato das QSC serem atuais e envolverem controvérsias com assuntos como o aquecimento global e as mudanças climáticas e que são, frequentemente, expostos em meios de comunicação de massa, como rádio, TV, jornal e internet. Estes aspectos trazem o ensino para o momento presente e para os fatos do cotidiano, resultando em um apelo ao engajamento dos estudantes (PÉREZ; CARVALHO, 2012).

Como apontam Santos e Mortimer (2002), assim como os estudantes devem ser envolvidos nas decisões sociais sobre ciência e tecnologia, também os professores devem participar nas decisões sobre o ensino de ciências para a elaboração de um currículo que atenda aos interesses da formação de uma sociedade mais justa e igualitária.

Assim posto, procuramos, então, encontrar na literatura aspectos característicos do ensino com abordagem CTSA/QSC.

CAPÍTULO 3:

PRESSUPOSTOS DO ENSINO CTSA/QSC: AS CATEGORIAS DE ANÁLISE

Na pesquisa bibliográfica realizada sobre o tema Ensino CTSA/QSC encontramos indicações das características que se impõem mais fortemente como marcas inconfundíveis dessa abordagem de ensino e que também foram emergindo nas transcrições dos discursos dos professores entrevistados. Esses aspectos, classificados na literatura como pressupostos, são os objetivos que se esperam alcançar com a prática do ensino CTSA/QSC. Por se destacarem como aspectos centrais na literatura faremos uma apresentação dos aspectos consideramos mais elucidativos. O primeiro relaciona-se a importância de **despertar o interesse do aluno**. Para cumprir essa função o ensino deve apresentar questões que tenham significado na vida dos estudantes, questões que façam parte das suas experiências de vida. Como Fourez (2003), devemos observar que:

As ciências, diz-se, então, estudam a “natureza” (mas evita-se seguidamente com cuidado precisar o que envolve esta palavra). É nesta perspectiva que os objetos das ciências são definidos eliminando tudo o que faz referência ao humano e às finalidades humanas: são as ciências naturais. Ora, o mundo dos alunos não é absolutamente este “mundo natural”. Eles vivem em uma tecno-natureza. O que a princípio faz sentido para eles, não é o mundo desencarnado dos cientistas, mas a natureza tal como ela existe no seio de um universo de finalidades. Isto a que são confrontados os alunos são situações em que tecnologias e natureza estão articuladas, em um universo de finalidades. (FOUREZ, 2003, p.119)

Ao retratar uma aproximação do ensino CTSA com os pressupostos da pedagogia de Paulo Freire, Auler (2007) comenta sobre a dimensão do querer conhecer, da curiosidade epistemológica associada à realidade local vivenciada pelo estudante:

(...) nos trabalhos pautados por pressupostos freireanos [aproximação Freire-CTS], os temas são constituídos de manifestações locais de contradições maiores presentes na dinâmica social. A dimensão do local (vila, bairro, cidade), selecionada num processo coletivo, é fundamental no campo da curiosidade epistemológica. Ou seja, o querer conhecer, a dimensão do desafio gerado, considerando que o mundo do educando e da comunidade escolar são objetos de estudo, de compreensão, de busca, de superação, elementos fundamentais para o engajamento, potencializando a aprendizagem e a constituição de uma cultura de participação. (AULER, 2007, p.5)

A consideração da dimensão social, em discussões da natureza da ciência, presente nas abordagens CTSA, também pode despertar o interesse dos estudantes conforme apontado por Reis e Galvão (2005).

Acredita-se, ainda, que o ensino acerca da natureza da ciência (especialmente acerca dos enquadramentos sociais, institucionais e políticos no interior dos quais a ciência opera) encoraja os alunos a apreciarem a ciência como um empreendimento humano com história, aventuras, personalidades, dramas, disputas, controvérsias, criatividade, normas e princípios éticos. (REIS; GALVÃO, 2005, p.133)

Pérez e Carvalho (2012) abordam a questão dos temas controversos que são encontrados frequentemente em assuntos científicos e que podem ser usados para favorecer o envolvimento e a participação dos estudantes em debates e discussões. Para eles,

As QSC abrangem controvérsias sobre assuntos sociais que estão relacionados com conhecimentos científicos da atualidade e que, portanto, em termos gerais, são abordados nos meios de comunicação de massa (rádio, TV, jornal e internet). Questões como a clonagem, a manipulação de células-tronco, os transgênicos, o uso de biocombustíveis, a fertilização *in vitro*, os efeitos adversos da utilização da telecomunicação, a manipulação do genoma de seres vivos, o uso de produtos químicos, entre outras, envolvem consideráveis implicações científicas, tecnológicas, políticas e ambientais que podem ser trabalhadas em aulas de ciências com o intuito de favorecer a participação ativa dos estudantes em discussões escolares que enriqueçam seu crescimento pessoal e social. (PÉREZ; CARVALHO, 2012, p.3)

Assim, podemos identificar mais uma característica marcante dessa abordagem de ensino que é **envolver os alunos nas discussões e debates**, abrindo espaço e criando oportunidades para que cada um participe e expresse suas convicções nas questões abordadas em sala de aula, como retratam Santos e Mortimer (2002):

Os princípios diferenciadores (dos currículos CTS em relação aos convencionais) são vários: a preocupação com a formação de atitudes e valores em contraposição ao ensino memorístico de pseudopreparação para o vestibular; a abordagem temática em contraposição aos extensos programas de ciências alheios ao cotidiano do aluno; o ensino que leve o aluno a participar em contraposição ao ensino passivo, imposto sem que haja espaço para a sua voz e suas aspirações. Enfim, uma reforma curricular de CTS implica mudanças de concepções do papel da educação e do ensino das ciências. (SANTOS; MORTIMER, 2002, p.18)

Ainda com relação ao engajamento dos estudantes em discussões de questões sócio-científicas, Sadler, Murakami (2014) chamam a atenção que essa é uma, se não *a*, proposta básica de ensino QSC:

Argumentei que um, se não *o*, principal objetivo da educação científica, e da abordagem de ensino-aprendizagem com QSC em particular, deveria ser para: (...) aprendizes que venham a se identificar como dispostos e capazes de envolver-se no discurso sócio-científico. Como tal, aprendizes que venham a se posicionar como colaboradores ativos para a sociedade com competência e vontade de empregar ideias e processos científicos, entendimentos sobre a ciência e conhecimento social (p.e. ideias sobre as influências econômicas e éticas) em questões e problemas que afetam suas vidas. A meta é que aprendizes desenvolvam o sentido de ter alguma coisa a dizer sobre essas questões para se ver como legítimos participantes nos diálogos sociais, particularmente aqueles que envolvem a ciência. (SADLER; MURAKAMI, 2014, p.334)

O envolvimento dos estudantes no debate pode ser um indicativo do interesse despertado pelo tema estudado. Este é um aspecto que nos leva a pensar que o ensino na abordagem QSC pode ajudar na solução de um problema que tem afligido grande parte dos professores, que é a apatia dos estudantes e os problemas dela decorrentes, como a indisciplina. Sobre essa questão de **superar os problemas de apatia e indisciplina**, que não se classifica

como uma característica da abordagem QSC, mas que interfere no trabalho dos professores em sala de aula, encontramos uma contribuição esclarecedora em Silva (2014) que afirma

O trabalho pedagógico desenvolvido pelos professores em sala de aula constitui certamente um elemento que interfere na qualidade do clima disciplinar de qualquer sala de aula. Assim, da mesma forma que o cumprimento das regras escolares permite o adequado desenvolvimento das atividades pedagógicas, inversamente, um maior envolvimento dos discentes com as atividades de ensino-aprendizagem diminui significativamente as “oportunidades” de ocorrência de comportamentos de indisciplina. (SILVA, 2014, p.195 e 196)

Também chamam a nossa atenção as questões relacionadas ao tema **ensinar conteúdos conceituais em ciências**. Embora esse tema também não esteja situado entre as características distintas do ensino QSC, tem sido apontado por alguns autores, como Silva e Carvalho (2009), como um fator de restrição a essa abordagem de ensino na avaliação de parte dos professores de Física em formação inicial, que demonstram considerar o ensino com QSC pouco eficaz no trabalho com conteúdos conceituais. Em contrapartida, Reis e Galvão (2005), em suas argumentações, consideram o ensino de ciências em uma dimensão mais ampla, que ultrapassa a simples apresentação de conteúdos conceituais e que envolva também aspectos da natureza da ciência e das suas implicações sociais, políticas e econômicas. Segundo estes autores,

Os debates públicos atuais acerca de propostas científicas com impacto social e dos efeitos negativos de algumas tecnologias sobre o ambiente e a saúde pública são rodeados de incerteza. Pretende-se que os decisores políticos e os cidadãos, em geral, se pronunciem e decidam acerca de assuntos para os quais a ciência não proporciona um conhecimento completamente fiável. Torna-se imprescindível que os alunos compreendam o valor deste conhecimento [Ciência], independentemente de ser provisório e alvo de contestação. As leis e as teorias da ciência são construções humanas que poderão não contemplar todos os aspectos de uma situação complexa: o conhecimento científico poderá constituir apenas um elemento de um processo de tomada de decisão complexo, envolvendo outros elementos (sociais, económicos, éticos e políticos). (REIS; GALVÃO, 2005, p.133)

Em outro trecho do mesmo artigo, esses autores chamam a atenção para os aspectos controversos da natureza da ciência que, geralmente, não são contemplados no ensino tradicional das ciências. Nessa concepção, a ciência é apresentada como uma coleção de verdades absolutas que surgem por meio de observações das regularidades nos fenômenos e das suas generalizações. Concluindo, apontam para as controvérsias associadas às QSC como exemplos de situações de como a ciência acontece na realidade, o que fortalece os argumentos favoráveis ao ensino nessa abordagem. Assim, afirmam que

Muitas aulas de ciências, privilegiando a ilustração, verificação e memorização de um corpo de conhecimentos perfeitamente estabelecido, não controverso, apresentam a ciência como um processo objetivo, isento de valores, que conduz a verdades absolutas, inquestionáveis, através da observação rigorosa de regularidades nos fenômenos e do estabelecimento de generalizações. No entanto, a ciência real é bem diferente. Os especialistas entram frequentemente em conflito, pois as controvérsias sócio-científicas não podem ser resolvidas simplesmente numa base

técnica, uma vez que envolvem hierarquizações de valores, conveniências pessoais, pressões de grupos sociais e económicos, etc. (REIS; GALVÃO, 2005, p.134)

Ainda considerando o ensino de conteúdos conceituais em ciências, Auler (2007) chama a atenção para o pensamento crítico de Paulo Freire a respeito do tradicional ensino de conteúdo e da concepção propedêutica.

(...) para Freire, negar saberes de experiência feitos, como ponto de partida, como objeto de problematização, provoca o erro epistemológico. Em outras palavras, o querer conhecer e a curiosidade epistemológica são fundamentais no processo de conhecer. O erro científico, epistemológico que Freire menciona, consiste em não considerar o mundo vivido como objeto de conhecimento. O erro está em querer alimentar - Tratamento de engorda (Freire, 1987) - os alunos com conhecimentos considerados prontos, acabados, verdades inquestionáveis, transformando-os em pacientes e recipientes deste conhecimento. O querer conhecer antecede o conhecer. Estimular os alunos a assumir o papel de sujeitos, de participantes do ato de conhecer, aguça a curiosidade epistemológica. Segundo Freire (1985), o que caracteriza o atual ensino é a busca incessante em dar respostas a perguntas não feitas. A educação da resposta não ajuda em nada a curiosidade indispensável ao processo cognitivo. Ao contrário, enfatiza a memorização mecânica de conteúdos normalmente vazios de significado para o educando. Só uma educação da pergunta aguça, estimula e reforça a curiosidade. O erro da educação da resposta não está na resposta, mas na ruptura entre ela e a pergunta. Entende-se que reinventar a escola requer a superação da concepção propedêutica, passando pela reinvenção do tempo da escola. (AULER, 2007, p.15)

Observa-se na fala de Paulo Freire, citado por Auler, o conceito de curiosidade epistemológica, o querer conhecer, coincidente com o pressuposto CTSA que se refere ao interesse do aluno e que é necessário ao aprendizado. Percebe-se também algumas considerações sobre o ensino de conteúdos que no ensino tradicional é dado como “tratamento de engorda” e, também, sobre os conteúdos vazios de significados, associados a um ensino propedêutico e das questões dos pré-requisitos que anulam o presente como tempo de aprendizado. Assim como Reis e Galvão (2005), Freire não considera adequado ensinar conhecimentos prontos, verdades inquestionáveis, o que faz do estudante um ser passivo, alijando-o do seu processo de aprendizado. Então, o erro do ensino tradicional está em não considerar o “mundo vivido” como o que deve ser estudado.

Em contrapartida, é esse “mundo vivido” que encontramos nas abordagens CTSA/QSC, **entender as relações CTSA** é parte do processo para instituir essa dimensão da realidade que deve ser experimentada pelos estudantes nessa abordagem de ensino-aprendizagem.

Nessa contextualização, onde procura-se promover o encontro do “mundo vivido” com o ensino de ciências podemos encontrar um meio para que seja atingida a compreensão das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, o que nos parece ser uma condição necessária para a formação de um pensamento crítico nos estudantes. Pensando nisso procuramos indícios na literatura que apontassem nesse sentido.

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) chamam atenção para os perigos e ameaças em uma relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade estabelecida sem uma avaliação crítica.

É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem. Vistas dessa forma, subentende-se que ambas trarão somente benefícios à humanidade. Porém, pode ser perigoso confiar excessivamente na ciência e na tecnologia, pois isso supõe um distanciamento de ambas em relação às questões com as quais se envolvem. As finalidades e interesses sociais, políticos, militares e econômicos que resultam no impulso dos usos de novas tecnologias implicam enormes riscos, porquanto o desenvolvimento científico-tecnológico e seus produtos não são independentes de seus interesses. (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.72)

Os mesmos autores ponderam que, embora haja divulgação na mídia das possíveis ameaças das novas tecnologias, como a produção de alimentos transgênicos, acidentes em usinas nucleares, entre outros, os interesses econômicos envolvidos nem sempre são do conhecimento de todas as pessoas. O que pode representar uma manipulação do poder econômico para a simples obtenção de lucros. Ainda seguindo o que falam esses autores, a informação sobre o desenvolvimento científico-tecnológico é necessária, mas, não é suficiente. Também é preciso uma avaliação crítica dos riscos e benefícios desse desenvolvimento por parte da sociedade, para a tomada de decisão em relação ao que possa trazer impacto ao meio em que vivemos. Assim,

Torna-se cada vez mais necessário que a população possa, além de ter acesso às informações sobre o desenvolvimento científico-tecnológico, ter também condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive. É necessário que a sociedade, em geral, comece a questionar sobre os impactos da evolução e aplicação da ciência e tecnologia sobre seu entorno e consiga perceber que, muitas vezes, certas atitudes não atendem à maioria, mas, sim, aos interesses dominantes. (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.72)

Completando essa exposição, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), alertam para a necessidade de fazer emergir uma dimensão social no desenvolvimento científico-tecnológico, associado ao contexto da nossa realidade cultural, política e econômica, como forma de atender à demanda de mudanças sociais. Assim, apresentam o enfoque CTSA como uma ruptura com o ensino tradicional, quando consideram o conhecimento científico como matéria em construção, portanto, sujeito a críticas e reformulações. O que representa uma nova concepção no entendimento e na produção do saber. O professor não é mais o detentor único do saber, que vai sendo elaborado em colaboração com os estudantes. A ciência e a tecnologia aparecem como resultado de um desenvolvimento humano, ao se refletir sobre as suas dimensões política e social, desconstrói-se a sua aparente neutralidade. Estimulados a romper com a passividade, os alunos podem desenvolver a imaginação e o espírito questionador. (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007)

Auler (2007) chama a atenção sobre o que ele considera como participação do estudante no processo que envolve as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, segundo critérios observados na aproximação Freire-CTS, que estabelece uma simultaneidade entre o aprender e o participar na sociedade. No ensino propedêutico o conhecimento tem uma finalidade prática de caráter instrumental: conhecimento para ser usado no futuro. A complexidade que envolve a sociedade nos nossos dias inviabiliza um domínio completo de tudo que é necessário aprender antes para participar depois nos processos sociais. Esse é um obstáculo que a concepção tradicional de ensino, baseada no acúmulo de conhecimento, “tratamento de engorda”, não consegue transpor. Não podemos prescindir do conhecimento e da participação social, base da cidadania. Então, é preciso produzir uma mudança na concepção de ensino para integrar essas duas dimensões, que crie a possibilidade para o estudante aprender participando.

Conforme já referido, a caminhada, alicerçada na aproximação Freire-CTS, embora de forma tênue, tem sinalizado a importância de não menosprezar, no processo educacional, o querer conhecer. Nesse sentido, esta tem sido pautada por um novo horizonte: aprender participando. Na concepção propedêutica, aprende-se para usar, para participar no futuro. Num repensar do tempo de escola, defende-se não mais aprender para participar, mas aprender participando. Cada vez mais, na sociedade contemporânea, por alguns denominada de sociedade do conhecimento, é impossível aprender tudo para depois participar. Nesse novo encaminhamento, o aprender ocorre no processo de busca de respostas, de encaminhamentos para problemas, para temas contemporâneos, na busca de respostas para situações existenciais, como o desemprego, na resignificação da experiência vivida. Busca-se superar a concepção de que é preciso primeiro saber sobre para depois colocar em prática, dissociando o processo de pensar do atuar. (...) Em síntese, o aprender tem uma dimensão individual, subjetiva, mas não ocorre num vazio social. A cidadania não é um conceito, uma prática que pode ser construída à margem da prática social mais ampla. (AULER, 2007, p.16)

Continuando nesse sentido, Zeidler e Sadler (2008)³ *apud* Sadler e Murakami (2014) apresentam o ensino e o aprendizado com QSC como um movimento que surgiu dentro da modalidade de ensino de ciências com o objetivo de envolver os estudantes em uma ciência que ultrapasse os limites da sala de aula e alcance as dimensões do universo de acontecimentos sociais que estão associados aos processos científicos.

³ ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D. Social and ethical issues in science education: A prelude to action. **Science and Education**, vol.17, p. 799 – 803. 2008.

Para estes autores,

Indivíduos na sociedade moderna enfrentam uma constante barreira de desafios sociais que se relacionam substantivamente a ideias e processos científicos. Cidadãos no mundo de hoje enfrentam QSC quando eles tomam decisões de consumo (p.e. para comprar alimentos geneticamente modificados), decisões de cuidados com a saúde (p.e. para vacinar as crianças), escolhas para votar (p.e. para votar em um político que nega as mudanças climáticas), para a tomada de decisão em comunidade (p.e. para advogar ou se opor à instalação de um parque eólico). Um objetivo central no ensino-aprendizagem com abordagem QSC é auxiliar o estudante a lidar com QSC de tal forma que ele se torne melhor preparado de uma maneira geral para a negociação de QSC. (ZEIDLER; SADLER, 2008 *apud* SADLER; MURAKAMI, 2014, p.333)

Como resultado desse ensino onde ciência e tecnologia são abordadas em associação com os acontecimentos na sociedade em uma estreita relação de mútuas influências, espera-se que seja desenvolvido nos estudantes o pensamento crítico e questionador, necessário à conquista da sua autonomia para entender os problemas que envolvam ciência e tecnologia presentes na vida em sociedade. Segundo Santos (2007) **desenvolver o pensamento crítico** é um dos pressupostos do ensino CTS que em uma abordagem crítica deve desenvolver a habilidade intelectual no estudante para questionar e avaliar questões de responsabilidade social que ultrapassam o simples conhecimento técnico. Neste sentido, o autor faz a seguinte afirmação:

... consideramos que pensar em educação científica e tecnológica crítica significa fazer uma abordagem com a perspectiva CTS com a função social de questionar os modelos e valores de desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade. Assim, uma pessoa letrada tecnologicamente teria o poder e a liberdade de usar os seus conhecimentos para examinar e questionar os temas de importância na sociotecnologia. Isso implica ser crítico no uso da tecnologia, ou seja, ter a habilidade intelectual de examinar os prós e contras do desenvolvimento tecnológico, examinar seus benefícios e seus custos e perceber o que está por trás das forças políticas e sociais que orientam esse desenvolvimento. Isso vai além do conhecimento técnico específico sobre o uso da tecnologia que também se torna importante no mundo atual dominado por tantos aparatos tecnológicos. (...) uma perspectiva de CTS/CTSA crítica tem como propósito a problematização de temas sociais, de modo a assegurar um comprometimento social dos educandos. (SANTOS, 2007, p.7 - 8)

Em estreita relação com o desenvolvimento do pensamento crítico encontramos outra função do ensino que é a construção da cidadania. Na literatura sobre ensino CTSA/QSC **construir a cidadania** também aparece como um dos pressupostos dessa abordagem de ensino. Segundo Kolstø (2001)⁴ *apud* Sadler e Murakami (2014) o mais importante no ensino com abordagem QSC é pensar na forma como a educação científica pode contribuir para a democracia, a cidadania e a justiça social.

⁴ KOLSTØ, S. D. Scientific Literacy for Citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, vol. 85, p.291 – 310. 2001.

Mais importante que esta simples representação da relação entre educação científica, educação ambiental e ensino-aprendizagem com abordagem em QSC é a atenção que esta questão especial chama para o posicionamento dos diferentes discursos dentro dessas áreas e modos nos quais a educação ambiental e científica contribuem para a democracia, cidadania e justiça social. A maior parte do que realmente acontece na educação científica formal pouco contribui para preparar o aprendiz para participar na democracia, envolvimento na cidadania, ou no questionamento e busca da justiça social. Alcançar essas metas é fundamental para a fundação do que se tornou o movimento com QSC (KOLSTØ, 2001), e envolver os aprendizes em discursos significativos em questões ambientais e outras de interesse social é o meio principal de buscar essas metas. (KOLSTØ, 2001 *apud* SADLER; MURAKAMI, 2014, p.333)

É importante ressaltar que a percepção da cidadania se dá no seu exercício. Em uma sociedade como a nossa, dependente dos produtos da ciência e da tecnologia, o exercício da cidadania é condicionado a um conhecimento dos interesses que mobilizam as ações na produção científica e tecnológica. Neste sentido, Reis e Galvão (2005) declaram que,

Considera-se, que numa sociedade científica e tecnologicamente avançada, o exercício da cidadania e a democracia só serão possíveis através de uma compreensão do empreendimento científico e das suas interações com a tecnologia e a sociedade que permita, a qualquer cidadão, reconhecer o que está em jogo numa disputa sócio-científica, alcançar uma perspectiva fundamentada, e participar em discussões, debates e processos decisórios. (REIS; GALVÃO, 2005, p.133)

A partir dos pressupostos que orientam o ensino de ciências em uma abordagem CTSA/QSC foram construídas as categorias que buscamos identificar no discurso dos professores envolvidos nesta pesquisa. São elas: **despertar o interesse do aluno, envolver a turma nas discussões e debates, superar problemas da apatia e indisciplina, ensinar conteúdos conceituais em ciências, entender as relações CTSA, desenvolver o pensamento crítico, construir a cidadania.**

CAPÍTULO 4: REFERENCIAL TEÓRICO

Na investigação do processo de apropriação da sequência de ensino efetivado por cada um dos professores usamos um referencial para análise proposto por Sadler e Murakami (2014) e que organiza aspectos característicos do ensino com QSC segundo o diagrama apresentado a seguir:

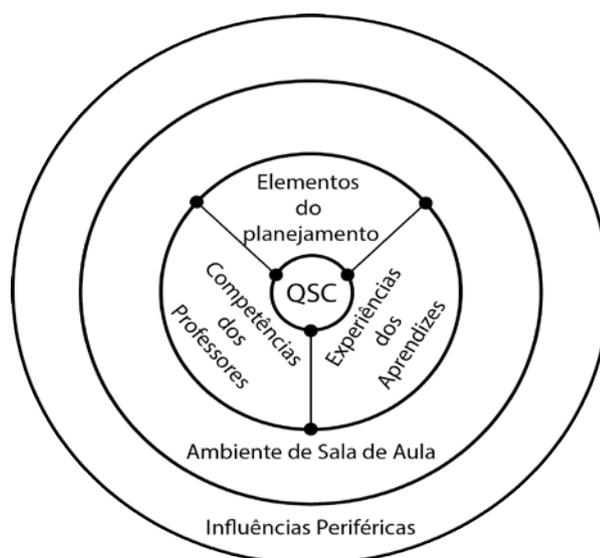


Figura 2 – diagrama do referencial QSC proposto por Sadler e Murakami.

Segundo o referencial proposto, existem três aspectos centrais no ensino com uma abordagem QSC, que para a nossa pesquisa podem ser apresentados da seguinte forma:

- 1) **Elementos do planejamento:** São aqueles relacionados à estrutura curricular, que são imprescindíveis ao processo de ensino-aprendizado com QSC e que compõe a sequência de ensino. São eles:
 - a) Elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.
 - b) Apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.
 - c) Oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.
 - d) Oferecer experiências que culminem em ações efetivas.
 - e) Usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.
 - f) Usar tecnologia para facilitar a experiência de aprendizado dos estudantes.

2) **Experiências dos Aprendizes:** são aquelas que destacam os tipos de experiências vivenciadas pelos aprendizes em um curso com abordagem em QSC. São elas:

- a) Engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.
- b) Confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.
- c) Coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.
- d) Saber lidar com a dimensão social da questão.
- e) Confrontar as dimensões éticas da questão.
- f) Considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.

3) **Competências dos Professores:** são aquelas responsabilidades pertinentes ao desempenho do professor na condução do processo de ensino-aprendizagem com QSC. São eles:

- a) Ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.
- b) Estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.
- c) Ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.
- d) Posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.

Ensinar física em um contexto mais amplo como parte da educação ambiental, usando o aquecimento global e as mudanças climáticas, requer do professor um conhecimento que engloba as ciências envolvidas nesse tema. O fenômeno do aquecimento global e das mudanças climáticas apresentam um alto grau de complexidade que ultrapassa o domínio de conhecimentos de uma única disciplina como a física. É preciso recorrer aos domínios da geografia, da química, da biologia, da economia, só para citar alguns desses conhecimentos necessários. Sabemos que nenhum professor reúne todo esse universo de conhecimentos, mas, é preciso que ele tenha um conhecimento relativo a esses assuntos que lhe permita orientar seus estudantes com segurança nesse empreendimento proposto pela sequência de ensino.

Outra dimensão dessa proposta de ensino é a relativa ao papel exercido pelo homem em todo esse processo. Independentemente da controvérsia gerada em torno das causas antropogênicas do aquecimento global, os efeitos e as consequências das mudanças climáticas atingem a sociedade em toda parte do planeta. Então, as questões sociais envolvidas na discussão desse problema são de grande importância, e não podem ser de desconhecimento do

professor. Entram aqui conhecimentos necessários ao entendimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Como por exemplo, levantar a questão da não neutralidade da ciência, que em muitos casos, serve a interesses do poder econômico.

O enfrentamento desse universo de questões de diferentes naturezas exige que o professor saia de um estado de relativo conforto no domínio de sua disciplina e busque o conhecimento em outras áreas e/ou o auxílio de professores de outras disciplinas em um trabalho de cooperação ou até mesmo interdisciplinar. Não se deve esperar, e não é o propósito dessa modalidade de ensino, que o professor abrace todo esse desafio sozinho. Por isso é importante que ele reconheça as suas limitações e esteja aberto a um trabalho colaborativo em equipe, e principalmente, disposto a compartilhar a tarefa da pesquisa com seus alunos, atuando como um orientador e não como único detentor do saber. Pois, sabemos que não é fácil abdicar da função de autoridade. Essa mudança de postura é um dos objetivos centrais da abordagem de ensino CTS/QSC, para que os estudantes participem mais ativamente no processo de ensino-aprendizagem.

Envolvendo esse núcleo do referencial temos aspectos relacionados ao **ambiente de sala de aula**, que é uma dimensão espaço-temporal onde professores e alunos irão interagir. O que acontece nessa dimensão por meio da interação professor-aluno ou aluno-aluno irá favorecer ou inibir as conquistas possíveis ou potenciais no ensino-aprendizado com QSC, como por exemplo questões de disciplina, interesse, engajamento, conflitos gerados entre a cultura juvenil e a acadêmica, e os modos como esses aspectos se relacionam.

A última dimensão considerada nesse referencial apresenta aspectos considerados como **influências periféricas** e que envolvem os modos como a comunidade escolar e a realidade que emerge da nossa sociedade interferem no planejamento e aplicação de atividades de ensino QSC na sala de aula, como: a possibilidade de haver ou não articulação dos professores para um trabalho interdisciplinar, pressões de orientações para um ensino propedêutico, aspectos relacionados a formação inicial do professor, que não contempla discussões no campo das relações CTS, e infraestrutura da escola pública que oferece poucos recursos pedagógicos, são as que aparecem com mais frequência nos depoimentos dos professores.

Considerando os aspectos centrais desse referencial, em conjunto com os pressupostos do ensino CTS/QSC, que encontramos na literatura e identificados como nossas categorias de análise no discurso dos professores, podemos apresentar um quadro das ações que devem ser encadeadas pelos professores para garantir a realização do que é esperado com a abordagem de

ensino CTS/QSC. Nesse quadro esperamos que os professores pensando na sequência de ensino busquem por:

- Despertar o interesse do aluno
- Envolver a turma nas discussões e debates
- Superar os problemas de indisciplina e apatia dos estudantes
- Ensinar conteúdos conceituais em ciências
- Entender as relações CTS
- Desenvolver o pensamento crítico
- Construir a cidadania

Essas expectativas ou potencialidades não estão dadas de antemão na sequência de ensino, ao contrário devem ser conquistadas pelo professor no trabalho com os estudantes. A sequência de ensino reúne um conjunto de potencialidades, que estão presentes nos elementos do planejamento, mas, que não se cumprem por si mesmas. Para que esse planejamento seja cumprido, transformando-se em realidade é necessário a intervenção do professor.

Aqueles aspectos centrais do referencial QSC apresentados como **elementos do planejamento, experiências dos aprendizes e competências dos professores**, estão relacionados de tal forma, que os professores devem usar de seus conhecimentos, habilidades, recursos pedagógicos, crenças, preferências pessoais ou estilo de docência e de um possível apoio que possam ter de um grupo de trabalho ou de estudos formado por outros professores – no caso dos professores que participaram da nossa pesquisa o Pibid – para que os elementos do planejamento possam ser colocados em prática, isto é, possam acontecer na experiência dos aprendizes. Usando esse conjunto de recursos os professores buscam cumprir o planejamento, realizando o que se espera alcançar com essa abordagem de ensino. Por meio das entrevistas com os professores, buscamos identificar como foi realizado o desenvolvimento desse processo, no qual cada um deles se apropriou da sequência de ensino. Acreditamos que esse processo seja revelado na dinâmica entre esses três aspectos centrais do referencial. Assim, procuramos observar o que cada professor produziu em sua dinâmica, ou seja, o que realizou de forma peculiar, com sua identidade própria, o que está relacionada às suas preferências e crenças pessoais decorrentes de suas experiências de vida, de formação e profissional, com o intuito de reforçar mais um, ou outro, dos pressupostos do ensino CTS/QSC. Então, a questão é saber

como cada um dos professores por meio desse conjunto de recursos atuou sobre os elementos do planejamento, isto é, na sequência de ensino, para viabilizar a experiência dos alunos?

O quadro 1 apresenta uma possibilidade de interseção entre as categorias destacadas no discurso dos professores e os aspectos centrais do referencial teórico adotado. Para cada categoria indicada pressupostas ações ou intenções em cada um dos aspectos centrais devem ser encadeadas ou alcançadas para que o processo de ensino-aprendizagem possa se desenvolver. Esta é uma entre muitas possibilidades de interseções com as categorias de análise e os elementos centrais do referencial teórico.

| Categories | 1. Elementos do planejamento | 2. Experiências dos aprendizes | 3. Competências dos professores |
|--|--|--|--|
| Despertar o interesse do aluno | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> <p>f) usar tecnologia para facilitar a experiência de aprendizado dos estudantes.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> | <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Envolver a turma nas discussões e debates. | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Superar os problemas de indisciplina e apatia dos estudantes | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> | <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Ensinar conteúdos conceituais em ciências | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Entender as relações CTS | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>b) apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Desenvolver o pensamento crítico / Construir a cidadania | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>b) apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |

Quadro 1: interseções entre os pressupostos da abordagem CTSA/QSC e os aspectos centrais do referencial Sadler e Murakami.

Temos aqui nesse trabalho um conjunto de dados, informações, na forma de entrevistas com os professores. Um conjunto formado por três discursos independentes, produzidos por três professores. O que queremos produzir a partir desses discursos? Quais entendimentos queremos obter a partir do que falam os professores. Como podemos entender o que eles nos falam? Nas palavras de Bakhtin (Volochínov) (2006), essas questões aparecem da seguinte forma:

“Como, na realidade, apreendemos o discurso de outrem? Como o receptor experimenta a enunciação de outrem na sua consciência, que se exprime por meio do discurso interior? Como é o discurso ativamente absorvido pela consciência e qual a influência que ele tem sobre a orientação das palavras que o receptor pronunciará em seguida?” (BAKHTIN, 2006, p.149)

As respostas para as nossas questões têm suas origens na forma como Bakhtin as apresenta. Como podemos depreender de suas palavras, não há um discurso isolado, mas, uma interação entre o discurso e o seu receptor, entre a enunciação, discurso externo, e a consciência, discurso interno. Essa interação é ativa, uma vez que o discurso sofre a influência da consciência e ao mesmo tempo o discurso orienta a resposta que o receptor pronunciará. Percebemos, então, que a compreensão de um discurso é um fenômeno socialmente produzido. Assim como, o próprio discurso é uma construção social, e como tal, deve ser analisado no contexto histórico-social que é produzido. Falar de um contexto histórico-social significa dizer que o discurso reflete uma visão de mundo dos seus autores formada a partir da sociedade em que eles vivem. Essa visão de mundo determina uma ideologia, isto é, uma orientação social. Por conseguinte, o discurso é orientado por uma ideologia. A partir daqui, então, podemos voltar às palavras de Bakhtin para encontrar a resposta às suas próprias indagações:

“Toda a essência da apreensão apreciativa da enunciação de outrem, tudo o que pode ser ideologicamente significativo tem sua expressão no discurso interior. Aquele que apreende a enunciação de outrem não é um ser mudo, privado da palavra, mas ao contrário um ser cheio de palavras interiores. Toda a sua atividade mental, o que se pode chamar o “fundo perceptivo”, é mediatizado para ele pelo discurso interior e é por aí que se opera a junção com o discurso apreendido do exterior. A palavra vai à palavra. É no quadro do discurso interior que se efetua a apreensão da enunciação de outrem, sua compreensão e sua apreciação, isto é, a orientação ativa do falante.” (BAKHTIN, 2006, p.151)

Bakhtin nos fala da enunciação que é compreendida como uma réplica no diálogo social ideologicamente construído. A enunciação é a unidade básica na comunicação estabelecida entre o discurso exterior e o interior. A apreensão da enunciação não acontece no vazio, pois, é apreendida no mundo interior do seu receptor. Assim, sempre se observa a existência de um interlocutor exercendo a mediação do enunciado e conduzindo a palavra recebida à palavra emitida. Essa mediação por se dar em um mundo interior do interlocutor não é neutra, isto é,

recebe uma interferência ativa desse interlocutor. Essa interferência, ou “*orientação ativa do falante*”, nas palavras de Bakhtin, é a interpretação do enunciado, ou seja, a sua compreensão.

Analisando as entrevistas por meio da enunciação ou do discurso dos professores podemos alcançar as intenções e os sentidos das suas argumentações e com elas podemos apresentar as exposições dos modos como se apropriaram da sequência de ensino. Segundo Goulart (2007), com base na teoria da enunciação de Bakhtin, enunciar é argumentar. A argumentação é inerente ao princípio dialógico dos enunciados, considerando que todo enunciado é dirigido a alguém, na cadeia enunciativa infinita. Enunciar é agir sobre os outros, o que significa que vai além de compreender e responder enunciados. A enunciação não parte de um sujeito individual, considerado isoladamente, mas é produto da interação de indivíduos socialmente organizados e do contexto da situação social complexa em que aparece. Conceitos como voz e enunciado representam a base do referencial teórico de Bakhtin. A voz dá origem ao enunciado e este só é possível em um contexto social. Portanto, não existe enunciado isolado, livre ou neutro em relação à postura ideológica ou à concepção de mundo. O enunciado não acontece em um vazio social, assim como não aparece a partir de um vazio cultural. Influências culturais e sociais determinam e dão forma às nossas expressões. Dessa forma, o enunciado revela a visão de mundo do seu emissor, suas crenças e seus pontos de vista em relação aos problemas e desafios que lhe são apresentados. A partir de suas crenças e de sua visão de mundo ele faz suas escolhas. O enunciado é revelador, e ao mesmo tempo, o enunciado é uma provocação que chama à reflexão. A provocação pode ser entendida como uma forma de esclarecimento mútuo dos conceitos em um certo contexto. Ainda, como afirma Bakhtin *apud* Goulart (2007)

...”não é a atividade mental que organiza a expressão, mas, ao contrário, é a expressão que organiza a atividade mental, que a modela e determina sua orientação”. (BAKHTIN *apud* GOULART, 2007, p.106)

Considerando que é a expressão que organiza a atividade mental, que a modela e determina a sua orientação, procuramos por meio da expressão dos professores, isto é, dos seus discursos, da enunciação, descobrir qual foi a orientação que eles deram para as suas práticas em sala de aula e por meio dessas práticas, como se apropriaram da sequência de ensino. Da atividade mental para a organização da ação, dos modos de fazer, da realização, ou seja, do que fizeram ao se apropriarem da sequência de ensino. É nesse sentido que usaremos a teoria da enunciação de Bakhtin para a compreensão dos significados na análise das entrevistas dos professores e

com isso servir como um elo na cadeia enunciativa, ouvindo e aprendendo com os professores por meio das suas enunciações para, posteriormente, enunciar esse conhecimento para nossos leitores.

No discurso dos professores identificamos duas formas diferentes de enunciar. Em uma declaram diretamente o que fizeram, por exemplo na fala do professor A,

“(...) quando vou falar da temperatura da Terra e a radiação solar, então, invisto um tempo maior. Então, acabo valorizando ou supervalorizando por exemplo esse aspecto...aprofundando um pouquinho mais”.

Na outra, expressam sua ação por meio da organização de suas ideias, conceitos, pensamentos e reflexões, como por exemplo na fala do professor C,

“(...) acho muito gratificante quando você pode trabalhar com um tema desse, e dá essa oportunidade de que os alunos participem duma discussão que ainda está em aberto em muitos aspectos”.

No primeiro caso o enunciado é revelador, no segundo caso, o enunciado é uma provocação que chama à reflexão. Essa reflexão pode ser entendida como uma forma de esclarecimento do que fizeram, como podemos depreender da teoria da enunciação de Bakhtin em Goulart (2007).

CAPÍTULO 5: METODOLOGIA

A pesquisa aqui apresentada é de natureza qualitativa e tem por objetivo analisar como os três professores desenvolveram seu trabalho com uma sequência de ensino, sobre aquecimento global e mudanças climáticas, em escolas públicas estaduais. As entrevistas com os professores obedeceram às normas estabelecidas pelo Comitê de Ética para a Pesquisa da UFMG (CoEP). Os nomes dos professores permaneceram em sigilo e são identificados por professores A, B e C. Não é nosso objetivo neste estudo comparar o trabalho dos professores no sentido de fazer juízo de valor, considerando certo ou errado o que foi realizado. Nosso propósito é identificar e analisar quais foram as escolhas realizadas pelos professores para explorar uma sequência de ensino CTSA/QSC. Consideramos que as escolhas revelam como cada professor se apropriou da sequência de ensino. A apropriação acontece à medida que o professor vai fazendo as suas escolhas pessoais no desenvolvimento da sequência. Essas escolhas acontecem em função de muitos fatores como a formação inicial, a experiência adquirida com a sua prática em sala de aula, a formação continuada e o contexto que envolve o ambiente escolar. Esses fatores associados à formação e à experiência contribuem para a elaboração de um repertório de recursos que podem ser empregados na condução de suas aulas. Assim, cada professor por meio de suas preferências ao utilizar esse repertório, vai deixando as suas marcas pessoais no andamento da sequência de ensino e se apropriando (tornando sua), a sequência que recebeu. As marcas da apropriação se revelam no sentido pessoal que os professores imprimem à proposta, acrescentando coisas, selecionando outras, dando intenções próprias ao que fazem e ao modo como desenvolvem o trabalho com os estudantes. Como descrito por Gauthier *et al* (1998) esse repertório de conhecimentos

... diz respeito aos saberes produzidos pelos docentes no exercício de sua atividade...concebemos esse repertório de conhecimentos próprios ao ensino como um conjunto de enunciados que expressam algo a respeito da prática docente na sala de aula. Significa que ele não se reduz às práticas inconscientes dos professores... o enfoque interacionista subjetivista dá frequentemente a palavra aos professores, incita-os a refletir sobre suas próprias práticas, procura saber porque, segundo eles mesmos, eles dizem tal coisa e adotam tal comportamento em sua atividade educativa. (GAUTHIER *et al*, 1998, p.185 - 186)

Essa pesquisa foi realizada nesse sentido apontado por Gauthier, procurando ouvir os professores e dando a eles a palavra por meio de entrevistas com o grupo de professores de física do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) da Faculdade de Educação (FaE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O Pibid é um programa de

iniciação à docência para professores da educação básica mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). O grupo de física do PIBID da FaE é coordenado pelo professor Dr. Orlando Aguiar Júnior e os professores participantes dessa pesquisa são supervisores do Pibid nas escolas estaduais em que trabalham. A pesquisa surgiu a partir de uma sugestão do professor Orlando para investigar como o professor de uma escola pública trabalharia com a sequência de ensino.

Assim, o momento inicial foi a apresentação da sequência de ensino para todos os professores da área de Física do Pibid da UFMG em um dos encontros semanais. Em seguida, fez-se o convite aos professores participantes do PIBID para desenvolver a sequência em suas escolas. Os três professores que aceitaram o convite apresentam larga experiência no ensino de Física, que se estende de 20 anos, para o menos experiente, a 27 anos para o mais experiente. É importante ressaltar que os professores participantes têm experiências no Pibid de 6, 3 e 5 anos respectivamente.

Conforme mencionado, esta sequência de ensino é uma adaptação de uma sequência elaborada e desenvolvida com os alunos do primeiro ano do Coltec. Chamamos a atenção para o fato de que as condições do Coltec são bastante diferentes das escolas da rede pública estadual de Minas Gerais. A primeira orientação para a adaptação baseou-se na mudança de foco da Química para a Física e na redução no número de aulas semanais, de quatro para duas, para atender à carga horária das escolas estaduais.

Assim, foram retirados os conteúdos que estavam ligados mais especificamente à Química: gases do efeito estufa e o ciclo do carbono. Também foram acrescentados outros conteúdos. Por exemplo, para a primeira aula acrescentamos um tópico sobre clima e tempo, importante para o estudo das mudanças climáticas, que não havia na sequência original e que achamos necessário devido ao fato de observarmos que os estudantes têm muita dificuldade em relação a esses dois conceitos. Realizadas essas mudanças, consideramos que a sequência atende ao que pretendemos tratar nas aulas de Física. A versão modificada da sequência e utilizada pelos professores nessa pesquisa se encontra no Anexo, como parte integrante do produto do mestrado profissional. A sequência com essas modificações, mas conservando seu caráter original, isto é, ênfase na abordagem CTS/QSC, foi enviada aos professores para uma avaliação. Após parecer favorável dos mesmos foi editada na forma de um caderno, impressa e desenvolvida pelos professores no segundo semestre de 2014, em turmas do segundo ano do

ensino médio em três escolas públicas estaduais, em um tempo que, dependendo do professor, variou de 8 a 12 aulas.

Depois que todos os professores finalizaram a sequência com os alunos, foram realizadas quatro reuniões de entrevistas para cada um dos três professores. As entrevistas tiveram como objetivo coletar informações sobre como cada professor desenvolveu seu trabalho em sala de aula, assim como registrar modificações para a sequência sugeridas pelos professores. A partir das transcrições dessas entrevistas procedemos à análise do discurso dos professores. As modificações sugeridas por cada um dos professores foram incorporadas à sequência de ensino, formando um conjunto de três possibilidades para desenvolver esse trabalho em sala de aula. Esse conjunto mais uma apresentação de um referencial teórico para elaboração e análise de sequência de ensino CTS/QSC, proposto por Sadler e Murakami (2014), integram o produto do mestrado profissional. Para as entrevistas foram usados um gravador de áudio e um caderno de anotações. Elaboramos um roteiro para entrevista semiestruturada, que pode ser encontrado no Apêndice I, por acreditarmos que essa forma permite ao entrevistado expor mais livremente as suas ideias, além de favorecer as intervenções com questões que surjam no momento.

Por meio das análises das entrevistas tivemos como objetivo fazer emergir as convergências e singularidades presentes na forma de conduzir a sequência de ensino adotada por cada professor. Esses elementos podem representar indícios de uma maior ou menor adesão à proposta apresentada na sequência de ensino e assim expor aspectos aceitos ou rejeitados pelos professores nesse projeto, da mesma forma que valores e compromissos que são a ele acrescentados.

Com o intuito de envolver os professores na construção de um currículo que privilegie QSC e de um ponto de vista da práxis queremos saber como as escolhas pessoais ao abordar o tema da sequência influenciaram o andamento das aulas e as possibilidades educativas abertas pelo tratamento de um tema sociocientífico controverso em sala de aula. Embora a sequência de ensino seja a mesma para os três professores, acreditamos que a história pessoal, crenças, preferências e estilos de cada professor determinam escolhas diferentes na valorização dos diversos contextos possíveis a serem trabalhados em sala de aula. Consideramos que entender como essas escolhas pessoais influenciam no trabalho em sala de aula em diferentes escolas e por diferentes professores contribui para a validação da praticidade e adequação da sequência de ensino no contexto de escolas públicas da Rede Estadual de Minas Gerais.

Idealmente, uma sequência de ensino será tão mais adequada quanto mais possibilidades de trabalho e ajustes permitir, sem ferir os princípios básicos a partir dos quais ela foi concebida. Essas diferentes formas de abordagem podem oferecer sugestões e orientações adicionais a este material e sua divulgação junto aos professores.

Por outro lado, ao fazer essa análise é possível identificar as crenças, preferências, em termos de conteúdos e metodologia, e metas curriculares a partir das quais os professores interagem com materiais inovadores e os utilizam no seu contexto de trabalho com os estudantes.

CAPÍTULO 6: ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

Apresentamos a seguir a análise dos dados selecionados entre os trechos das entrevistas com os professores, que consideramos mais significativos em relação à exposição das categorias identificadas em nossa revisão bibliográfica.

Nessa análise do discurso procuramos identificar padrões recorrentes que mostraram ser significativos dentro do contexto estudado, isto é, a experiência dos professores com a sequência de ensino. Esses padrões que foram emergindo do discurso dos professores demonstraram ser convergentes para as categorias de análise encontradas na literatura. Ao mesmo tempo, procuramos identificar as ações dos professores na interação entre os elementos do núcleo central do referencial teórico, isto é, elementos do planejamento, experiências dos aprendizes e competências dos professores, com as categorias de análise, procurando uma aproximação a partir da experiência real dos professores com as possibilidades apresentadas no quadro 1. Assim, na nossa análise recorreremos aos trechos das entrevistas dos professores nos quais esses elementos se fizeram mais presentes e marcantes.

A. Despertar o interesse dos alunos

Os três professores foram unânimes em afirmar que o desenvolvimento da sequência aumentou em muito o interesse dos alunos. Segundo o **professor A**, ele tinha a expectativa de encontrar um material no mesmo nível do que ele já trabalha em outras sequências de ensino desenvolvidas pela equipe do PIBID. É importante ressaltar que este professor participa de um projeto de pesquisa de ensino patrocinado pela Fapemig (Fundação de amparo a pesquisa de Minas Gerais) e, portanto, teve oportunidade de desenvolver outras sequências de ensino. Pela fala do professor, percebemos que este é um aspecto muito importante, pois as experiências anteriores lhe permitiram mobilizar recursos para o desenvolvimento da atual sequência. Ele fala bastante empolgado sobre a boa aceitação dos estudantes no desenvolvimento da sequência em relação ao ensino tradicional, ainda prevalente na escola. Segundo o professor A,

“(...) a participação, envolvimento e interesse deles superam qualquer atividade de aula tradicional. Elas equivalem, em termos de interesse de participação às aulas de experimentos, de laboratório né? Elas estão no mesmo patamar de envolvimento e de interesse dos meninos.”

É interessante que o professor A afirma que a sequência de ensino estabelece um rompimento com o trabalho tradicionalmente acadêmico e baseado na cultura propedêutica, introduzindo

temas contemporâneos “*sem deixar de trabalhar com a física*”. Este é um aspecto muito importante, pois muitos professores têm dificuldade de trabalhar em uma perspectiva mais inovadora, com receio de não conseguir dar o conteúdo. Às vezes, não conseguem tratar os conceitos a partir dos contextos e acabam voltando para as aulas apenas expositivas.

Para o **professor B**, despertar o interesse do aluno foi o ponto positivo do projeto. Ele considera os seus alunos desmotivados, apáticos e acostumados com um tipo de aula em que o professor passa a matéria no quadro, os alunos copiam, e então, o professor resolve e propõe exercícios numéricos relacionados ao conteúdo. Segundo ele, furar este cerco não é fácil. Então quando ele viu os alunos “empolgados”, fazendo perguntas, indo para casa e voltando no dia seguinte com dúvidas sobre o assunto, ele percebeu que é possível despertar o interesse dos alunos. Segundo ele, foi uma surpresa a resposta dos estudantes em relação às atividades propostas na sequência. Assim ele considera ter atingido o objetivo de fazer um trabalho diferente do que normalmente é realizado em sala de aula com livro texto e, com isso, ter conseguido maior participação dos alunos. Ele avalia que se trabalhar com um grupo menor de estudantes, do que o grupo de seis proposto, pode alcançar melhores resultados, evitando a dispersão dos alunos. Para despertar o interesse dos alunos o professor mudou sua forma de trabalhar, com referência ao livro texto e aulas expositivas, posicionando-se como orientador do conhecimento e envolvendo os alunos em torno das questões relevantes propostas pela sequência de ensino.

Com relação ao **professor C**, os alunos

“Tiveram uma participação mais ativa do que teriam em uma aula comum, numa aula expositiva, numa aula dialogada com abordagem mais teórica, menos inserida num contexto do cotidiano por ser tema que está na pauta. (...)”

Ele considera que até os estudantes que usualmente não se envolvem com nada, tiveram uma boa participação durante o desenvolvimento da sequência. Ele afirma que o tema tratado é de conhecimento dos alunos e que está presente na mídia e em debates sociais e, talvez, por isso eles se interessaram mais. Esse interesse se evidencia na descrição de discussões sobre a natureza controversa do aquecimento global em sala de aula. O professor também demonstra ter se posicionado como orientador do conhecimento ao negar dar respostas prontas estimulando a pesquisa e a reflexão dos estudantes. Ao orientar os estudantes por meio de artigos científicos, instruções em torno de questões de forte relevância, estimulou a discussão em torno de questões controversas e da natureza da ciência, esclarecendo, dessa forma, como a

ciência evolui por meio do embate de ideias diferentes e, até mesmo, antagônicas. O que significa mostrar a ciência mais próxima da realidade e como uma construção humana sendo o resultado da contribuição de muitos cientistas e não o produto de uma única inteligência privilegiada, como é entendida pelo senso comum. Além disso, o professor C se articulou com o professor de Geografia da turma para auxiliar nas discussões, demonstrando o seu interesse em trabalhar a dimensão interdisciplinar do tema. Este aspecto se encontra no domínio das influências periféricas do referencial que adotamos. É possível identificar outra mobilização do professor para despertar o interesse dos estudantes, na conexão, estabelecida por meio da internet, com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), para mostrar dados do desmatamento. Nesse caso, ele se vale de recursos multimídia para conectar atividades de sala ao mundo real. É possível perceber o esforço deste professor ao mobilizar um conjunto de procedimentos para envolver os alunos nos debates e discussões.

A partir das falas dos três professores observamos que a sequência cumpriu o seu papel no quesito despertar o interesse dos alunos e, ainda, da importância por eles atribuída a esse aspecto, de modo a superar a usual passividade e apatia dos alunos frente aos conteúdos da física escolar.

B. Envolver a turma nas discussões e debates

Os três professores afirmam que no desenvolvimento da sequência houve o envolvimento da turma em discussões e debates. O **professor A** destacou o envolvimento em torno da controvérsia entre o aquecimento global ser produzido por causas antropogênicas ou causas naturais.

“ ... a maior discussão que foi gerada com esse material trabalhado, foi quando você tenta justificar as possíveis causas do aquecimento global. De um lado tem os cientistas que apontam o IPCC né? Que aponta que as causas do aquecimento global estão centradas nas atividades humanas...e o outro grupo que questiona, não isso faz parte de um ciclo natural...”

As menções ao IPCC sugerem que as discussões evoluíram apoiadas nos conhecimentos científicos divulgados sobre esse tema. O que pode indicar que o professor estabeleceu uma dinâmica entre aspectos do núcleo do nosso referencial teórico. O conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão são necessários para ele mobilizar práticas por meio do ensino em torno de questões de forte relevância. O que pode ter conduzido os estudantes ao engajamento nas discussões. Outro aspecto do núcleo central do referencial surge quando o professor aponta questões relativas à natureza da ciência.

“ No final das contas, pra que lado nós podemos olhar? Com quem está a razão? Se é que existe razão. A ciência tem essas duas faces” (...) A maior parte antropogênicas, dos cientistas, o que os cientistas falam e o que eles leem nos livros de geografia... Mas, a maioria compra a ideia científica. Dos estudos dos gráficos, dos estudos atuais, que parece o mais forte. (...) Isso aí não tem como o aluno não se envolver. É o assunto do momento. Todo dia no jornal estão falando sobre aquecimento global e as possíveis causas desse aumento do...e as consequências.”

Nesse caso ele sugere um posicionamento de orientador do conhecimento. Por não dar uma resposta definitiva para a questão, ele estimula a reflexão e nega se posicionar como única autoridade. Ao dizer que “muitas coisas faladas” já eram conhecidas pelos alunos em aulas de geografia, o professor aponta para o caráter transversal do tema que envolve um fenômeno complexo e que permeia várias áreas do conhecimento. A observação da presença do tema aquecimento global nos jornais diariamente destaca a relação das atividades de sala com o mundo real.

O **professor B** não aprofundou as discussões das questões sócio científicas, que ficaram limitadas a uma introdução dos trabalhos com a sequência de ensino. As questões foram levantadas a partir da leitura de artigos pesquisados pelos alunos, a pedido do professor, com discussões e conclusões em sala de aula.

“... quando nós voltamos de férias, eu pedi os meninos pra trazer uma reportagem e trazer uma conclusão...e cada um foi lá na frente e discutiu. Então teve menino que pegou e “ah, não, isso aí é bobagem”, outro, “não, isso aí vai afetar agente no futuro”. Então, essas discussões foram feitas. Todos os alunos falaram da sua reportagem e fizeram a conclusão, a gente até anotou...achou bacana.”

Não há indicações do envolvimento do professor na orientação dessas discussões. Contudo, como proposto no referencial teórico, ele discutiu as QSC primeiro, uma vez que a sequência foi iniciada após a volta das férias no segundo semestre. A reprodução das falas dos alunos pelo professor sugere uma discussão em torno das consequências do aquecimento global, que lembra a controvérsia gerada em torno da questão desse fenômeno ser ou não produzido pela atividade humana.

O **professor C** começa a entrevista relatando que a participação no grupo do PIBID é uma importante experiência para o trabalho com questões investigativas que estimulam a participação ativa do estudante no seu processo de aprendizagem.

“A gente já tem uma experiência de sequências de ensino que a gente trabalha com atividades investigativas, pela natureza do nosso grupo do PIBID (...). A ciência é quase sempre apresentada, Física particularmente, boa parte do livro didático, como alguma coisa pronta e acabada. Basicamente você tem um arcabouço bem consolidado,

e que os alunos não imaginam que por trás daquilo há um grande esforço humano, onde alguns passos são dados, algumas vezes você é obrigado a recuar, onde determinadas ideias, em determinados momentos são predominantes, mas depois, elas não conseguem sobreviver. Então, o conceito de crise na ciência, de ciência ordinária, extraordinária, como Thomas Kuhn explora. Isso geralmente não é algo que os alunos consigam observar. Geralmente, eles olham para a ciência como alguma coisa, e eu vou usar essa palavra elevada no contexto científico, eles olham para a ciência como alguma coisa dogmática.”

Neste e em outros trechos da entrevista, o professor C discorre com entusiasmo sobre questões da filosofia e da natureza da ciência para formação da consciência crítica do estudante. Como por exemplo, as fases de desenvolvimento da ciência classificadas, segundo Thomas Khun (1998), em ciência normal, crise e ciência extraordinária, e que explicam o movimento cíclico de afirmação e negação de um paradigma científico. Segundo ele, isso levaria o estudante a refletir que não existem verdades absolutas na ciência, e que ela é parte do desenvolvimento humano, contribuindo, dessa forma, para a formação do pensamento crítico. Ao apresentar o aquecimento global como fenômeno complexo e aberto a questionamentos, incentiva os estudantes a participarem de discussões e debates. Posicionando-se como orientador do conhecimento e não como autoridade abre espaço para o desenvolvimento de uma atitude investigativa por parte dos alunos, o que representa uma participação ativa na aprendizagem.

“O que eu acho é que discussões como essas, como por exemplo, quando você entra em tema que envolve grande grau de complexidade, por exemplo (...) esse tema do aquecimento global, entre outros... é difícil você segurar um tema que seja tão amplo... Isso é interessantíssimo, isso faz com que os jovens vejam a ciência como aquilo que realmente é, como grande empreendimento humano. Esse tipo de sequência de ensino (SE) é fantástico para explorar esse aspecto valoroso e rico que a ciência tem, como descobertas, como investigações, como idas e vindas, como apostas que depois tem que ser testadas, validadas ou não. Então, acho muito gratificante quando você pode trabalhar com um tema desse, e dá essa oportunidade de que os alunos participem duma discussão que ainda está em aberto em muitos aspectos. (...) se você não tem, dentro de uma SE dessa, um compromisso com a investigação, ou seja, você não torna essa atividade uma atividade investigativa, vai fazer muita pouca diferença de uma SE comum. Veja só, o fato do tema ser inovador não significa que a abordagem do professor vai ser inovadora. Ele pode adotar um perfil extremamente conservador no tratamento do tema e reduzir o tema a um aspecto, por exemplo, da disciplina da termodinâmica...”

Chama a atenção que o trabalho nessa linha investigativa é dado pela forma como o professor aborda o tema e não pela sua concepção prévia para cumprir esse papel. É o professor que torna a atividade investigativa. Um professor com atitude autoritária em relação ao conhecimento fornece a resposta e anula o potencial de investigação a ser desenvolvido na atividade. Segundo o relato do professor C, a curiosidade que motivou a participação dos estudantes chegou a envolver questões que não estavam previstas no planejamento, e que geraram, em sua avaliação, discussões interessantes. Extrapolando as expectativas, pelo que podemos depreender do entusiasmo com o qual o professor fala do episódio relato a seguir, já que essa intensidade na

participação e curiosidade dos alunos não se observa normalmente em um trabalho na linha convencional com livros didáticos.

“(...)acho que o que foi muito interessante, primeiro a participação, o grau de participação dos alunos. Os alunos trouxeram uma coisa, que não estava na SE e que a gente acabou tratando. Um aluno puxou esse tema e que virou parte da discussão, que era se essa coisa do efeito estufa e do aquecimento ocorria em outros planetas. Principalmente Marte e Vênus. E se, particularmente em Vênus, se lá ocorria sem ação humana... Então, isso gerou uma boa discussão (...). O aluno até abordou Marte, porque ele falou assim, mas, Marte tem uma atmosfera de gás carbônico e o planeta é frio. Então, isso foi extremamente interessante, porque isso é verdade (...) você vê como é que esses temas despertam as vezes no aluno a curiosidade dele mesmo ir pesquisar coisas que não estavam, que não é comum quando você está trabalhando sequências do livro didático que geralmente já abordam temas, digamos canônicos né?”

Ainda segundo o professor C esse tipo de envolvimento dos alunos nessas discussões de grandes temas é fundamental para o desenvolvimento de uma atitude ativa em relação à aprendizagem, o que é um elemento gerador de formação de consciência crítica e da cidadania.

“...é possível acessar nesses alunos e trazer para a sala de aula, o que eu acho que é mais importante, a curiosidade do aluno, e que ele se sinta participante da discussão de grandes temas, que ele não seja só um agente passivo na discussão, no debate. Isso tem logicamente um impacto social, porque, se isso trazer algum exemplo para vida dos alunos, é justamente que eles devem ser cidadãos críticos, que se interessem pelos grandes temas que são discutidos em sociedade.”

Assim, foi possível verificar que os três professores mobilizaram ações no sentido de garantir que o envolvimento da turma nas discussões e debates fosse efetivo em sala de aula. Um dos professores direcionando as discussões por meio de uma estratégia mais pragmática, como o professor B, e os outros dois, sobretudo o professor C, explorando aspectos da natureza da ciência e aprofundando mais as discussões não estritamente conceituais que envolvem o tema da sequência de ensino.

C. Superar problemas de apatia e indisciplina dos estudantes

Os três professores falam da apatia dos estudantes em situações encontradas comumente no ensino tradicional como em aulas expositivas, sobretudo em períodos de final de ano. Destacam, no entanto, que, no caso da sequência de ensino, a apatia não foi observada. Muito pelo contrário, como sugeriu o **professor A**, a sequência de ensino pode até ser usada como estratégia para motivar os estudantes.

“A sequência de ensino tem momentos específicos que é de extrema relevância pro aluno. Principalmente por exemplo, vamos pegar o final do ano, chegou outubro, novembro, o aluno não quer saber de mais nada. O interesse dele pela escola diminui drasticamente. Principalmente se for do terceiro ano, então, piorou né? Então, a gente consegue prender a atenção do aluno, o interesse do aluno, a participação do aluno, é com a sequência, não é com o ensino tradicional, de jeito nenhum. Tudo que você vai passar no quadro ele não vai prestar atenção (...) Ela consegue cercar o estudante, ou forçar o estudante, vamos falar assim, a participar né? Então, eu acho que fechar o ano com uma sequência de ensino, eu acho que é fantástico.”

Entretanto, acreditamos que o uso de uma sequência de ensino CTS não deva ter como finalidade apenas superar o problema da apatia. Com o que, o professor demonstra concordar, ao reconhecer outra dimensão dessa abordagem de ensino, quando fala da necessidade de formar o pensamento crítico e a cidadania.

“...eu acho que duas sequências por ano em cada série, duas ou três, já é suficiente eu acho. Intercalando com aquelas atividades tradicionais, que também eu acho que tem que ser dadas sim, exercícios, livro texto, né? O CTS, eu acho que cabe em dois momentos, três momentos ao longo do ano, sabendo equilibrar, porque o aluno demanda um conhecimento acadêmico também, e a gente também tem que atendê-lo. Mas, a gente sabe que também tem que formar o cidadão, um cara crítico, um pouco mais reflexivo né? Então, a gente tem que dar essa misturinha.”

Ao defender a alternância entre abordagens CTS e ensino tradicional de conteúdos físicos, o professor alega atender a diferentes demandas de formação dos alunos: de um lado, o compromisso com conteúdos formais, de outro, uma formação crítica voltada para a cidadania em questões envolvendo C&T. O professor parece, assim, viver uma tensão entre diferentes demandas curriculares e não completamente convencido da possibilidade de abandonar abordagens tradicionais da física. Isso revela o peso do ensino propedêutico que, no referencial teórico aqui adotado, faz parte dos elementos periféricos que condicionam as práticas docentes.

O **professor B** retoma a exposição das dificuldades de trabalhar com os alunos, que estão condicionados em um sistema de aulas tradicionais e que precisam ser conduzidos à execução das tarefas propostas, durante todo o tempo. Os alunos não têm iniciativa para pesquisar e trabalhar com os textos estudados. Manifesta atenção com os procedimentos de controle do comportamento da turma, sentindo a necessidade de dirigir o andamento das atividades para evitar que alunos ociosos deem início a conversas. Reconhece que o ideal seria se posicionar como um orientador do conhecimento, mas a turma não responde bem a essa proposta de trabalho.

“(...) a escola estadual hoje ela é diferente ... se você chegar lá, não colocar nada no quadro, não der uma fala inicial, você não consegue nada ... a aula não começou, então normalmente a gente já coloca alguma coisa para

eles pelo menos “aí oh! Já começou a aula”. Aí eu gosto muito de começar com uma problematização, eu ponho uma questão, e aí já começo a discutir ali, ou levo um experimento, ou levo um modelo para eles verem, e a partir daí você já desenvolve ... E ali tava bem ... assim né? (...) você dá um texto pra eles lerem, as vezes ficam com preguiça de ler, talvez a gente devesse ler junto com eles. Você põe um texto, lê junto com eles e pede para responder...dá mais foco...conduzir mais ... porque tem um que termina de ler e já começa a conversar, o outro nem leu ainda, o outro tá lá pra trás. Então a gente tem de dirigir, infelizmente, infelizmente, porque o ideal seria ele ler no tempo dele e responder no tempo dele né? (...) E você ficaria como coordenador ali do texto...”

Se os alunos estão condicionados com aulas mais expositivas, orientadas por um posicionamento autoritário do professor, não se deve esperar que o uso de uma sequência de ensino, com uma forma de ensinar que é bem diferente da tradicional, produza uma mudança no primeiro momento. É preciso produzir uma mudança de cultura, e para isso um trabalho persistente nesse sentido deve ser feito. O professor B demonstra acreditar nas possibilidades oferecidas pela sequência de ensino ao dizer que: “*é um projeto bom de avançar...ele funcionou, mas, ele pode funcionar melhor*”. Identificamos, nesses relatos, que o deslocamento do papel do professor e maior demanda pelo protagonismo dos estudantes encontra resistências diante de uma cultura escolar já instituída. O caminho talvez seja o de compor outras sequências de ensino com abordagens CTS e por meio de QSC.

O **professor C** tinha receio de que os alunos demonstrassem tédio em relação aos conteúdos de física presentes na sequência e que já tinham sido trabalhados por ele no primeiro semestre. Apesar disso, relata ter conseguido desenvolver uma abordagem que produziu um grande envolvimento dos alunos, que resultou em debates calorosos e que permitiu até a validação dos conteúdos de física vistos anteriormente.

“(...) eu fiquei um pouco receoso... como a gente já tinha quase esgotado o conteúdo de termodinâmica... que de alguma forma a gente estaria voltando em alguns tópicos que eu tinha tratado... e que os alunos talvez se entediassem... mas a abordagem foi tão inovadora e tão rica, que ela permitiu dar validade a conceitos que a gente tinha abordado... ninguém dentro de sala foi passivo... todo mundo queria falar a opinião... nós fomos muito felizes em algumas coisas como ter optado por ter usado a simulação, dava uma visibilidade ao fenômeno... na escola o projetor não estava disponível, eu pude usar as simulações e usar o material das aulas porque eu tenho o meu... levei meu notebook... usei minha conexão do smartphone... para aplicar a sequência do KCVS.

O uso de simulações do site KCVS (King’s Centre for Visualization in Science) indica atividades com uso de tecnologia de informática para facilitar a experiência de aprendizagem, que nesse caso, foram realizadas com equipamento multimídia do professor, já que a escola não oferecia a infraestrutura necessária. Mais uma ocorrência de aspectos do domínio das influências periféricas que poderia comprometer o bom andamento da sequência de ensino, mas

que foi contornado pelo empenho do professor para garantir o engajamento dos alunos em práticas de alto nível.

O grande empenho demonstrado pelos três professores para superar os problemas da apatia e da indisciplina dos estudantes nos mostra a dimensão que esses problemas representam em uma sala de aula. Principalmente a apatia como relatada pelos três professores, já que só o professor B fala da indisciplina. Mas as mobilizações dos professores no desenvolvimento da sequência demonstraram que o trabalho com essa abordagem oferece recursos efetivos para se contornar essas dificuldades.

D. Ensinar conteúdos conceituais em ciências

Os três professores demonstraram uma esmerada atenção com essa questão do ensino de conteúdos conceituais. Percebemos o entusiasmo do professor A ao falar do seu repertório para ensinar astronomia ou do professor B chamando a atenção para a grande quantidade de conteúdos de física presentes na sequência e, ainda, o professor C falando do seu prazer em poder usar seus conhecimentos de eletromagnetismo para desenvolver os conteúdos de física da sequência de ensino. Essas constatações têm a importância de transmitir confiança para professores que se interessem em trabalhar com essa forma inovadora de ensinar ciência, mas que, muitas vezes, se sentem inseguros com relação aos possíveis resultados a serem alcançados neste quesito.

O **Professor A** revela suas preferências pessoais e suas escolhas ao explorar mais profundamente os pontos de interseção da sequência com os conteúdos da astronomia, por exemplo, a radiação solar incidente na Terra. Justifica suas escolhas em função de já ter material didático montado para trabalhar com astronomia, pela formação, pelo gosto pessoal e pela experiência de já ter desenvolvido um domínio sobre o tema. Esse professor possui um repertório pessoal de recursos e atividades sobre astronomia e foi capaz adequar tais recursos com os temas da sequência de ensino sobre aquecimento global, enriquecendo, desse modo, suas aulas.

“Tem coisas que a gente se identifica e investe um pouco mais... no caso da sequência de ensino, eu sempre sou tentado a me envolver em coisas que se relacionam com a astronomia né? Por exemplo, a questão das evidências da radiação solar sobre a superfície terrestre né? Aí eu começo a viajar...eu acabo querendo, ou não, dando um valor além do que aquilo que a proposta inicial das atividades. Então, por exemplo, quando vou falar da temperatura da Terra e a radiação solar, então, invisto um tempo maior... Por que? Eu tenho outros materiais que se acoplam perfeitamente nisso aqui e tenho modelos de Terra, de representação, de bola de isopor, de lâmpadas, e situações que abordam isso e aumentam isso. (...) Na questão da astronomia e da parte dos experimentos. Na parte final dos experimentos da simulação do efeito estufa.”

Por outro lado, ao abrir mais espaço para questões conceituais envolvendo conteúdos da astronomia, o professor acaba por abrir mão de outras discussões previstas na sequência de ensino. Na entrevista, o Professor A indica a tensão em lidar, no pouco tempo disponível, com as várias possibilidades de tratamento do tema:

“Nós temos duas aulas por semana. O tempo é extremamente curto... o negócio é extremamente corrido e a escola já é meia desorganizada, então, você praticamente tem que levar pronto para eles, mastigado, para não perder tempo, porque, você entrou e já acabou a aula, entendeu? Isso quando não espicha atividades que a escola impõe que te usurpam as próximas aulas né? (...) as pesquisas: pesquise o que é aquecimento global, pesquise o que é efeito estufa...que eles traziam pra nós, umas reportagens que eles pesquisavam. A parte deles era essa. (...) Conhecendo meus alunos, conhecendo a dinâmica das atividades, eu planejei aproximadamente quatro semanas para cumprir todo o programa... Então, eu fiquei mais centrado na parte da programação, sem deixar a discussão das questões sociais envolvidas, a questão da economia, da poluição, da produção das atividades humanas, mas ficou mais concentrado mesmo, é a questão da programação mesmo. (...) Mais conteúdos programáticos com pinceladas ... como essa questão: qual os impactos, o que nos reserva o futuro né? Isso sem querer dizer que eles não tenham sido críticos nas suas análises, mas, eu não abri muito espaço para aprofundar mais, com medo de estar demandando um tempo além do que eu tinha imaginado no princípio para a sequência toda né?”

O movimento entre os aspectos centrais do referencial foi efetuado pelo professor ao usar dos seus conhecimentos sobre os conteúdos científicos para explorar questões de maior relevância de acordo com suas preferências pessoais. Esta foi a solução por ele encontrada para cumprir o planejado no tempo disponível e manter os estudantes engajados em práticas de alto nível ao confrontarem ideias e teorias científicas relacionadas ao tema.

O **professor B** demonstrou uma preocupação com a ordem dos conteúdos lecionados no seu planejamento do uso da sequência de ensino. Sua preocupação parece ser com os pré-requisitos necessários para usar esses conteúdos na sua ordem clássica tradicionalmente organizados no ensino médio pelos livros didáticos. Assim, esperava trabalhar esses conteúdos para depois entrar com a sequência de ensino. Mas, no andamento do desenvolvimento da sequência percebeu que não precisava ser dessa forma, que a sequência pode ser trabalhada a qualquer momento do ano, inclusive, logo no início. Nessa conclusão o professor se aproxima do que é apresentado por Auler (2007), que ao falar da aproximação CTS-Freire, desmistifica a necessidade dos pré-requisitos, de ensinar uma coisa primeiro, para depois aprender outra, e defende o aprender participando.

Um ponto importante dos elementos do planejamento, no núcleo do nosso referencial, é o que propõe o uso de questões sócio científicas prioritariamente. Essa compreensão do uso da sequência na fala do professor, pode indicar um primeiro passo dado nesse sentido.

“(...) no primeiro ano eles já tinham visto um pouquinho de clima, então, o professor de geografia, que eu até passei esse roteiro para ele, falou: “ano que vem eu vou fazer ... com as turmas do primeiro, porque esse assunto é mais para as turmas do primeiro ano”. Mas, eu falei, eu estou puxando mais a física da coisa né? Não é a parte da geografia, mas a parte da física (...) a gente estava exatamente na sequência certa, porque começou lá com temperatura, depois dilatação, depois gases, depois máquinas térmicas. Isso aí entrou exatamente no final das máquinas térmicas...que é a segunda lei da termodinâmica e depois disso geralmente vem essa parte né? Trabalhei mais dentro da sequência. (...) a gente seguia uma sequência normal do livro, que era temperatura, depois dilatação, depois calor, depois as leis da termodinâmica. E a sequência entrou exatamente no final, depois que eu já tinha dado, mas se você observar bem a gente pode começar a sequência antes... E eu já tinha dado os conceitos de temperatura, já tinha dado conceitos de calor mesmo. Então o que eu acho que a sequência ela pode ... até começar o ano com uma sequência dessa, não tem problema nenhum. Porque ondas, por exemplo, eles não tinham visto... Falei, isso aqui vai até ajudar a completar os conceitos que eu já tinha iniciado.”

No seu discurso, o professor demonstra mais uma vez sua atenção focada no ensino dos conteúdos conceituais. Inicialmente, ao procurar o professor de geografia, indício de uma intenção para realizar um trabalho interdisciplinar, ele declara que o seu trabalho com a sequência de ensino seria mais voltado para a física. Fica evidente a sua escolha de destacar o ensino de física dentro da sequência, quando fala de sua intenção de seguir a sequência de conteúdos que vinha trabalhando e que o uso da sequência de ensino até ajudaria a completar o estudo dos conceitos já iniciados. Essa escolha aparece de forma explícita na sua fala sobre a sequência de ensino:

“...quantas questões de física têm ali dentro? São muitas questões né? A gente puxou muito para o lado da física.”

Na dinâmica entre os elementos centrais do nosso referencial, o professor usou seus conhecimentos sobre os conteúdos científicos relacionados à questão do aquecimento global para explorar questões de forte relevância, principalmente aquelas diretamente relacionadas à física. Nesse caso mais específico, abordou o estudo de ondas, que representa uma parte do conteúdo que seria estudado em seguida.

O **professor C** considera que o problema do ensino de conteúdos não está no fato de se estudar a física do século XIX, mas, de se estudar uma física que não está presente na vida dos estudantes. Afirma que a física clássica pode ser vista em questões dos nossos dias e cita o eletromagnetismo como exemplo dessa física presente nas telecomunicações. Nesse ponto sua fala faz lembrar Fourez (2003) que em seu artigo escreve que a ciência estuda a natureza, mas, os nossos alunos não vivem num mundo da natureza, eles vivem em uma tecno-natureza. Ou seja, colocamos o ensino de ciências no lugar onde nossos estudantes não estão. Reconhece a importância do ensino de física moderna e que conciliar o ensino da física clássica com a física

moderna é um desafio que exige um reaprendizado na forma de trabalhar. Para isso, o professor tem que reconhecer que não sabe tudo. O que significa ser honesto em relação às suas limitações.

“(...) mesmo a física clássica, a física que é explorada até o século XIX, ela pode ser abordada a partir de grandes questões do século XX, XXI, ou seja, da nossa época. O problema não é que a física do século XIX seja a física que nós tratamos em sala de aula e a física contemporânea seja abandonada, o problema é que a física como ela é abordada em sala de aula não é praticada em lugar nenhum né? Então, a física do século XIX, o eletromagnetismo de Maxwell está aí no nosso dia a dia, faz parte do nosso mundo das telecomunicações, faz parte, mas, como é que esse tema é explorado? (...) alguns professores têm feito muito esforço nesse sentido de introduzir a física moderna como parte do conteúdo do cotidiano (...) exige um exercício de reaprender e aí temos a necessidade de saber que nós não sabemos tudo, mas de nós reaprendermos trabalhar esses conteúdos em sala de aula, esses conteúdos de física clássica e de física contemporânea.”

Em função de sua experiência na formação inicial e de suas preferências pessoais, o professor C explorou com um pouco mais de profundidade e extensão o conteúdo do eletromagnetismo aplicado ao fenômeno do aquecimento global. O professor fundamentou seu argumento ao lembrar que qualquer que sejam os processos envolvidos no aquecimento global, eles estão associados à radiação eletromagnética. Assim, a formação inicial contribuiu para facilitar a condução das aulas, na apropriação dessa parte da sequência. Percebemos o entusiasmo do professor com relação a esse assunto, que parece ter contagiado seus alunos ao ponto de eles enxergarem a presença da radiação em todas as coisas. É interessante notar que embora esse conteúdo já tivesse sido trabalhado com os alunos anteriormente, o desenvolvimento da sequência permitiu apresentá-lo com uma abordagem diferente mostrando aspectos inusitados.

“(...) a gente trabalhou com radiações eletromagnéticas, fascinante. Pessoalmente, eu tenho trabalhado com isso a minha vida toda. Minha pesquisa no mestrado foi com isso e aí eu pude explorar o tema. E todo uso de coisas que nós fazemos em nosso cotidiano tem de alguma forma conexão com radiações eletromagnéticas. E introduzir o tema, o assunto radiações eletromagnéticas dentro de uma aula que não era específica, foi muito interessante (...) permitiu fazer um conjunto de experimentos que relacionasse radiações eletromagnéticas com aquecimento, com variação de temperatura que foi muito bacana. Introduziu o conceito de oscilações; aquele experimento com as bolas e a serrinha é uma coisa muito simples de fazer, mas, que o potencial de compreensão do fenômeno é muito rico... quase sempre você tinha que explorar as propriedades das radiações eletromagnéticas para poder explicar o que é aquecimento global, seja antropogênico ou não... atividade solar ... impactante sobre a atmosfera ... está relacionada a atividade eletromagnética. Qualquer que sejam os processos que envolvem o aquecimento global estão associados à radiação eletromagnética; efeito sobre a interação da radiação com a matéria. Então, esta parte da sequência foi para mim muito bacana e foi a que talvez me deu mais prazer de trabalhar com os alunos. Teve um momento que eles chegaram a falar: “tinha radiação em tudo”. Era uma coisa que eles não tinham pensado, porque nós tínhamos no bimestre anterior tratado o tema, já era uma coisa que eles conheciam e que a forma predominante de transferência de calor era por radiação, só que a gente não tinha explorado radiação eletromagnética como a gente veio a explorar lá na sequência.”

Aqui é possível identificar um ponto em comum na abordagem dos professores A e C: ambos utilizaram de preferências pessoais, dentro de seus repertórios de conhecimentos de conteúdos científicos, no caso de A, astronomia, e de C, radiações eletromagnéticas, para enriquecer o processo de ensino. Também fica claro a tensão que os três professores vivem em relação ao ensino de conteúdos conceituais da Física, pois como já mencionado, o professor B aproveitou a sequência de ensino para introduzir o estudo de ondas.

E. Entender as relações CTS

Foi possível observar que os três professores procuraram elaborar um entendimento das relações CTS, por meio do desenvolvimento da sequência de ensino, mas trilhando caminhos diferentes. O professor A procurou iniciar essa discussão a partir de reflexões da natureza da ciência. O professor B, embora também tenha feito reflexões sobre a natureza da ciência, preferiu fazer a abordagem das relações CTS a partir dos conteúdos da física. Já o professor C, por meio de uma contextualização com a ciência na sociedade contemporânea.

O **professor A** aborda questões da natureza da ciência para mostrar que não existem verdades absolutas em ciências. Nosso conhecimento é limitado e provisório e, por isso, está sempre sendo questionado. Esse questionamento é a fonte da sua constante renovação. Argumenta que os temas CTS são importantes para mostrar esse aspecto da ciência. Essa reflexão leva o aluno a estudar a ciência em uma perspectiva mais próxima do que ela é na realidade, uma construção humana com conflitos e impactos na sociedade. Considera esse aprendizado como uma oportunidade que provavelmente o estudante não terá mais, uma vez que grande parte deles não prosseguirá com os estudos. Então, é importante aprender na escola conhecimentos que farão sentido para a vida e para entender a relação da ciência com a sociedade. Ao perguntar o que fica para a vida dos nossos alunos quando saem da escola e já respondendo que não fica nada, o professor se aproxima do que aponta Auler (2007) sobre a ruptura entre o “mundo da escola” e o “mundo da vida” no ensino propedêutico, reproduzido em uma escola que não estabelece relações com o que é vivido, isto é, que não estabelece relações entre a ciência e a sociedade. Porque o mundo vivido é a vida em sociedade.

“... eu procuro deixar claro ... que a ciência não é uma coisa acabada, de que a ciência é um processo em constante mudanças. Não existe verdade eterna. A verdade hoje pode não ser a verdade daqui a tantos anos, e que esse processo de mudança passa por várias etapas e durante essas etapas há muitos conflitos, choques de ideias, e que é isso que faz evoluir a ciência, né? ... temos que questionar e em cima desse questionamento que a gente vai

crescer, que vai evoluir. E esses temas CTS ajudam muito nisso, né? Não está pronto, não está acabado e talvez nunca esteja. (...) É onda ou partícula? É as duas (...) do caráter da ciência, do que a ciência é feita hoje em dia. Porque se a gente não faz esse papel na escola, isso não será feito, talvez, posteriormente. Porque a grande maioria dos nossos alunos não vão fazer curso superior, e o que fica para a vida dele, pro futuro? Com tantos anos de escola, geralmente não fica nada né? Fica o quê? Uma prova que você pediu pra calcular isso e ele achou. Para explicar isso e ele explicou, mas, sem nenhuma relação com o que se vive. Não tem impacto e não leva nada disso para a vida dele. Eu acho que se houver uma mescla, e a sequência de ensino se intrometi muito bem nesse tradicionalismo, que também é bom, em certos pontos é bom, foi assim que a gente aprendeu. Nós nos formamos no sistema tradicional e não somos pessoas ruins, eu acho, só que agora nós estamos enriquecendo e crescendo na medida que vamos descobrindo que também existe outras maneiras de aprender.

A pergunta sobre o caráter da ciência, de que a ciência é feita hoje, nos faz pensar que a ciência, como sabemos, não é neutra, que ela serve a interesses econômicos e que muitas pesquisas que são financiadas pela sociedade acabam produzindo benefícios para alguns poucos membros de uma abastada elite. Reconhece a importância do trabalho com sequências de ensino CTS, por tratarem de questões que os estudantes levam para a vida, mas, também, valoriza o ensino tradicional, lembrando que nós fomos formados nesse sistema de ensino. Aqui encontramos uma possível origem das nossas dificuldades para trabalhar com esse tipo de sequência de ensino, tão diferente da formação que recebemos: acadêmica, propedêutica e com forte referência na autoridade do professor. É importante ressaltar que o ensino propedêutico é transmissor de um conhecimento neutro, que não estabelece relações entre ciência e a sociedade. A forte influência que recebemos dessa linha de ensino por toda nossa vida acadêmica nos condicionou a reproduzi-lo em nossas experiências profissionais. Assim, estamos sempre voltando a essa forma de abordar o conteúdo, mesmo usando em uma ou outra oportunidade, novas formas de abordagem. Como é evidenciado na possibilidade de alternar as duas formas de ensino na fala do professor. Esse aspecto pode ser identificado como a formação inicial do professor e se encontra no domínio das influências periféricas do nosso referencial. Nesse mesmo domínio encontramos outras dificuldades para o trabalho com sequência de ensino CTS, como as pressões para o ensino propedêutico, já mencionado, e a falta de articulação dos professores para um trabalho interdisciplinar, que devido à complexidade dos temas trabalhados se faz necessária. No movimento entre os aspectos centrais do nosso referencial o professor demonstra estar consciente sobre a necessidade de estabelecer relações entre o que é ensinado em ciências e o mundo vivido, entre o conhecimento científico e a vida na sociedade. Posicionando-se como orientador do conhecimento, o professor A procurou trabalhar em torno de questões de relevância como aquelas relativas à natureza da ciência, com o intuito de proporcionar um certo nível de entendimento das relações CTS para os seus alunos.

O professor B em sua discussão sobre as relações CTS usou os conhecimentos científicos e tecnológicos associados a esse tema, como máquinas térmicas e motores a combustão, para chegar na abordagem dos impactos do aquecimento global no meio no ambiente e na sociedade. Orientou os estudantes em um trabalho de pesquisa para o estudo dos efeitos do aquecimento global sobre a sociedade, envolvendo os interesses econômicos, como os da indústria automotiva, para finalizar com a apresentação do protocolo de Kyoto. Discorreu sobre questões da natureza da ciência ao trabalhar questões relativas à incerteza e à controvérsia presentes em todo empreendimento científico. Chama a atenção para a necessidade de mudança de postura para trabalhar com o ensino CTS. Esse é um ponto sobre o qual os três professores falam: sobre a acomodação e a necessidade de sair da zona de conforto para explorar todas as possibilidades que a sequência proporciona. Valoriza o trabalho do Pibid no sentido de apoiar essa mudança de atitude. Acredita que sem esse apoio, um trabalho como o proposto pela sequência de ensino não seria realizado. Expressa necessidade de organizar didaticamente a sequência para facilitar a compreensão por parte dos estudantes. Em trecho anterior expressa essa mesma intenção, mas, com motivação na disciplina; evitar conversas.

“(...) eu peguei foi a parte de máquinas térmicas... motores a combustão... aquecimento global: possíveis impactos na sociedade. Eu pedi os meninos para pesquisarem sobre isso, eles fizeram um trabalho, levaram para casa, pesquisaram esse tema: aquecimento global, possíveis impactos na sociedade: protocolo de Kioto, o que foi isso? O que estava falando?... Tecnologias presente nos motores de combustão interna, interesse da indústria automotiva, bem-estar da população, preservação do meio ambiente (...) A ciência é bem assim...ninguém tem certeza absoluta a respeito do aquecimento global, você tem uma pista a respeito dele né? Como que a coisa tá funcionando hoje. Então, a ciência... é feita de temas controversos mesmo. Você não tem uma opinião com cem por cento de certeza. Tem uma incerteza no meio daquilo ali. Se você pegar a história da ciência toda, sempre houveram momentos que eram controversos mesmo. Você pega lá o Big Bang, na época recente agora da década de sessenta, tinha o estado estacionário, um pensava uma coisa, outro pensava outra completamente divergente... a sequência como fator diferente do livro eu achei excelente. Eu acho que dá para repetir...foi um ganho. Tanto é que a turma depois elogiou o trabalho (...)Eu acho que a perguntinha no final é muito legal, ajuda a compreensão né? Didaticamente para eles fica mais fácil. Em vez de por pergunta, texto, pergunta. É mais organizado. Você põe um texto normal e perguntas, questões. (...) o conceito do PIBID é exatamente esse: O que que eu posso fazer de diferente, porque o igual todo mundo já faz...ir lá e dar aula, isso aí não precisa de nada pra ir lá fazer... Agora se eu for fazer um projeto diferente, aí tira o professor da zona de conforto (...) se você pegar um outro professor de física e pedir ele pra fazer isso, ele não vai fazer... Ele tem resistência a fazer essas sequências entendeu? A não ser que tivesse um suporte pra ajudar o professor, dificilmente ele vai fazer.”

Nos aspectos relativos aos elementos centrais do nosso referencial, o professor usou os conhecimentos sobre os conteúdos científicos relacionados ao tema da sequência e posicionando-se como orientador do conhecimento, explorou as questões de forte relevância nas relações CTS e no ensino de física.

Ao relacionar ciência e sociedade estabelecendo uma conexão com o mundo contemporâneo, o **professor C** coloca a ciência onde o estudante está e, assim, o convida para o diálogo e a participação, incentivando a sua participação ativa no processo de aprendizagem. Considera que o desafio a partir do trabalho com essa sequência é manter o nível de envolvimento da turma nos debates e discussões, ao longo do ano em experiências com outras sequências de ensino.

“(...) Então, ...sequências como essa, que façam esse tipo de abordagem, que coloque a ciência no meio da sociedade, no meio do mundo contemporâneo, é fundamental para a gente repensar o ensino. É fundamental porque numa discussão, numa aula desse tipo e com professores que queiram dialogar com seus alunos, você está vendo os alunos como sujeitos e não como objetos passivos do conhecimento, da autoridade do docente, que vem para enfiar na cabeça dele o saber. Não, ali eles estão sendo participantes do processo de ensino-aprendizagem, estão sendo participantes de discussões relevantes, que tocam o dia a dia dele. Eu acho que o desafio nosso é como fazer que as sequências subsequentes, e ao longo do ano, possam ser tão interessantes como essa e que isso não seja só um momento de sala de aula, mas faça parte do cotidiano da sala de aula, ou seja, que a sala de aula seja um lugar bacana, de exploração, de debates, de discussão. É possível fazer isso na sala de aula de física, como é possível fazer isso noutras salas de aulas(...) quando você pega um tema como esse que deu tanto pano para manga, fica muito mais interessante. Isso me deixa cada vez mais convencido que esse é um bom caminho para se trabalhar com nossos estudantes em sala de aula, até porque eu acho, longe do que boa parte do que nossos colegas pensam sobre nossos estudantes, eu acho que eles estão mais questionadores né? (...) esses estudantes hoje são hiper conectados, eles estão conectados o tempo todo com seus smartphones eles recebem um mundo de informações. E nem todos eles têm condições de julgar conceitos como validade ou não validade dessas informações (...) e como é que a gente trabalha isso em sala de aula? (...) como é que nós podemos fazer que a sala de aula também seja um espaço de interesse? Então, esse para mim é o grande desafio que nós docentes temos hoje (...) então, nesse tipo de SE estar explorando a construção de conteúdos partindo de grandes temas, e que a partir deles construir o conhecimento, você elaborar o conhecimento da física, temas centrais da física a partir deles, eu acho que talvez isso tenha uma importância muito maior para o aluno, e ele consiga compreender, entender e vivenciar e saborear esses temas com mais prazer. Então, eu acho que a sala de aula pode ser uma coisa prazerosa.”

Retoma em sua fala o entusiasmo produzido pelo bom resultado no desenvolvimento da sequência de ensino. Em seguida, levanta uma questão importante sobre a relação CTS, mas, em outra perspectiva, a do uso disseminado do *smartphone* pelos estudantes e as potencialidades que essa tecnologia pode trazer para o processo de ensino-aprendizagem. Observa que é necessário um trabalho do professor junto aos estudantes para validar esse grande número de informações que os mantêm permanentemente conectados aos acontecimentos na sociedade. Ao reconhecer essa necessidade, o professor busca uma forma se apropriar de um conhecimento que possa ser usado em sala de aula, por meio do estabelecimento de uma relação entre a tecnologia e a sociedade. Em sua avaliação, a proposta de trabalho da sequência, de construir saberes por meio do estudo de temas relevantes em significado para os estudantes, cria a possibilidade de aprender com prazer na sala de aula. Aqui o professor C converge para aquele ponto que destacamos na justificativa dessa pesquisa, o de conferir significados ao que

é ensinado para nossos alunos por meio de uma contextualização do conteúdo de física. Em particular, no caso do entendimento das relações CTS, encontramos essa contextualização no relacionamento estabelecido pelo professor entre a ciência e a sociedade contemporânea.

F. Desenvolver o pensamento crítico e formar a cidadania

Embora em seus discursos os três professores reconheçam a importância do desenvolvimento do pensamento crítico como um caminho necessário para se chegar à formação da cidadania, verificamos que na prática as ações efetivas para se atingir esse objetivo com seus alunos foram conduzidas com graus de prioridades diferentes em cada caso. O professor C fala e demonstra ter trabalhado de uma forma mais assertiva aspectos importantes da sequência de ensino que valorizam a abordagem desses pressupostos do ensino CTSA/QSC em sala de aula. O professor B afirma ter trabalhado esses aspectos, mas sem aprofundar muito as discussões com QSC. Já o professor A parece demonstrar até um certo receio de que as discussões sobre esses aspectos no desenvolvimento da sequência fossem comprometer seu planejamento. Devido ao grande impacto que o tema do aquecimento global e as mudanças climáticas produz na vida de todos nós, desperta muito o interesse, o que poderia levar a uma extrapolação do tempo programado para as aulas com a sequência.

As categorias “desenvolver o pensamento crítico” e “formar a cidadania” aparecem simultaneamente no discurso do **professor A**, quando ele levanta questões que estimulam o pensamento crítico e a partir delas sugere a participação do estudante como cidadão ao assumir posturas e na tomada de decisão. Ele identifica o impacto que o tema aquecimento global e mudanças climáticas tem na vida dos estudantes como catalisador da formação do pensamento crítico. Ao afirmar que não está procurando respostas definitivas, posiciona-se como orientador do conhecimento. Essas categorias aparecem mais superficialmente no discurso do professor que não aprofundou a discussão com receio de perder o controle do número de aulas planejado, uma vez que, temas tão presentes no cotidiano dos estudantes, como esse das mudanças climáticas, tendem a ampliar muito o tempo das discussões.

“...não abri muito espaço para aprofundar mais, com medo de estar demandando um tempo além do que eu tinha imaginado no princípio para a sequência toda né? Mas, enfim, mais em função do receio de que se extrapolasse mais, porque a gente sabe que vai extrapolar” (...) “Como cidadão, como pessoas críticas do local que eles pertencem, justamente aquecimento global e mudanças climáticas, não tem como você ficar alheio a isso. Não tem como não sentir a falta d’água, não tem como não sentir que está quente. É uma coisa que está me afetando diretamente. Por que está faltando água? Nunca teve esse problema, por que que agora tem? Qual é uma possível

explicação? Não estou procurando uma resposta definitiva para isso. Estou procurando possíveis causas que me levem a pensar e a talvez tomar possíveis posturas, decisões em relação a certos temas do qual eu posso estar participando diretamente.”

De uma forma geral, nas suas escolhas o professor A explorou aspectos relacionados a preferências e recursos pessoais como questões da astronomia envolvidas no fenômeno do aquecimento global. Desse modo, pode-se dizer que destacou mais fortemente o ensino de física e os conteúdos conceituais. No movimento realizado entre os elementos centrais do nosso referencial teórico demonstrou ter conhecimento sobre os conteúdos científicos, consciência sobre as considerações sociais e se posicionou como orientador do conhecimento para trabalhar com os pressupostos do ensino CTS da sequência em sala de aula com seus alunos. Ainda foi possível identificar na sua fala elementos associados às influências periféricas, como pressões por um ensino acadêmico e propedêutico, e as dificuldades geradas pela precariedade da infraestrutura escolar na escola pública, como pouco tempo de aula. Isso leva o professor a ter que saber lidar com vários tipos de tensões para dar um bom andamento no seu trabalho.

O **professor B** considera que o trabalho envolvendo o desenvolvimento do pensamento crítico com as QSC ocorreu devido ao uso da sequência de ensino, pois não vê como isso poderia ser feito se tivesse usado apenas o livro didático. Reconhece que ensinar só conteúdos conceituais da física não é suficiente para os alunos, porque eles têm que formar uma visão de mundo, uma visão crítica dos acontecimentos na sociedade. Então, outros conhecimentos têm que ser trabalhados para que eles desenvolvam uma percepção histórica social da evolução da nossa sociedade. Essas categorias, “desenvolver o pensamento crítico” e “formar a cidadania”, aparecem mais superficialmente no discurso do professor, uma vez que fez suas escolhas na apropriação da sequência de ensino, mais voltadas para o ensino da física. Como declarou: “*A gente puxou muito pro lado da física*”.

“(...) porque pelo livro a gente não ia ver isso né? ... a gente não ia abordar esses assuntos, lá muito mal ele fala rapidamente de efeito estufa, rapidamente. (...) É, essa questão só científica também não resolve pra eles, eu acho que os meninos tem que sair com uma visão maior de mundo, de como que as coisas estão funcionando hoje, o quê que está acontecendo...não é só da Física, não pode ser só a Física isolada, cê tem que ter a história, cê tem que ter a ciência, mas cê tem que ter outras coisas também.”

Em uma perspectiva global do desenvolvimento da sequência de ensino do professor B percebemos uma atitude mais pragmática focada no ensino dos conceitos da física. Ele se apropria da sequência para atingir esse objetivo mais específico de ensinar conteúdos

conceituais como ondas, por exemplo, que estava em seu planejamento. Contudo, ele não deixou de trabalhar todos os pressupostos da abordagem de ensino CTSA/QSC, como declara em seu depoimento.

Nesse último trecho selecionado das entrevistas, o **professor C** retoma a reflexão sobre questões da natureza da ciência, mais especificamente sobre a ciência ser um processo em construção, que não existe uma verdade absoluta e inquestionável, para argumentar que é a partir dessa percepção que podemos formar a consciência crítica e a cidadania. Isto parece estar de acordo com a sua maneira de ver a ciência e a sua forma de ensinar que está estreitamente relacionada à formação de atitudes questionadoras em seus alunos. A possibilidade que a sequência de ensino oferece de apresentação da ciência como sistema aberto, sem o uso de argumentos de autoridade, possibilitou ao professor estimular ainda mais essa atitude questionadora nos estudantes como ponto de partida para a formação do pensamento crítico.

“Eu vejo a ciência e o aprender ciências como um grande empreendimento, então, você tornar possível que a ciência seja vista como um processo, como uma construção humana, que você faz no dia a dia, que não vem pronta, não é algo dogmático, não é algo já feito, onde todas as sequências já estão fechadas, ou seja, mas, que existam portas abertas para dúvidas, para investigações, para questões, eu acho isso extremamente fascinante, e eu acho que é aí que o ensino de física pode ajudar na formação de sujeitos críticos né? Se você pensar toda a SE, quando uma das questões de que nós julgamos do qual se vale ensinar ciências em sala de aula é justamente formar cidadãos, sujeitos pensantes, críticos, imaginativos, criativos, e é muito difícil você fazer isso, se você vai fazer uma sequência onde a ciência e o conhecimento é apresentado como uma coisa pronta e que nós temos que acatar. Isso é o contrário do que é o conhecimento científico né? Não existe argumento de autoridade nas ciências. É lógico que nossos estudantes têm limitações muito grandes para fazer ciência como se faz no laboratório, mas, também não é isso que se quer, se quer que os alunos tenham um vislumbre, façam perguntas, sejam questionadores. É isso que se faz quando é criança né? Quando você é menino você pergunta de tudo, por que o céu é azul? Eu sempre falo para os meus alunos, nós quando éramos crianças perguntávamos, por que o céu era azul? Por que venta? Por que a nuvem é branca? O que tem depois do céu? A gente faz as perguntas mais absurdas. E por que se perde isso na adolescência? Qual foi a passagem que faz com que nossos alunos deixem de fazer estes questionamentos tão intrigantes né?”

Em uma visão geral, no discurso do professor C é possível destacar muitas categorias ao mesmo tempo. Nesse último trecho, por exemplo, podemos identificar: despertar o interesse do aluno, envolver a turma em discussões e debates, desenvolver o pensamento crítico e construir a cidadania. Uma combinação dos pressupostos do ensino CTS/QSC, como objetivo a ser atingido e presentes no mesmo trecho selecionado do discurso, também foi revelado pelos outros professores em alguns pontos mais específicos, porém, em menor número de vezes e com menos complexidade. Essas categorias, “desenvolver o pensamento crítico” e “formar a cidadania”, surgem como as mais importantes nas ações do professor C, na apropriação da

sequência de ensino, pois em todo o seu discurso podemos observar que houve uma atenção no desenvolvimento desses aspectos no seu trabalho com os alunos.

A análise das entrevistas com os professores indicou que os professores A e B concentraram mais esforços para desenvolver ações para despertar os interesses dos alunos, envolver a turma nas discussões e debates, superar o problema da apatia e ensinar conteúdos conceituais de física. Já o professor C desenvolveu mais ações para o entendimento das relações CTS, desenvolvimento do pensamento crítico, formação da cidadania e, também, ensinar conteúdos conceituais de física. Assim, observamos uma interseção entre os três professores no ensino de conteúdos conceituais de física, mas com singularidades no desenvolvimento dessa categoria. Os professores A e C exploraram muito dos seus repertórios de experimentos e preferências pessoais. Sendo que, o professor A trabalhou com recursos que já tinha desenvolvido a partir do ensino de astronomia, para explicar o processo de aquecimento da Terra na sua interação com a luz do Sol. O professor C explorou mais os aspectos da radiação eletromagnética nesse mesmo processo de aquecimento do planeta. Ambos fizeram isto por gostarem muito desses tópicos da física. Mostraram, dessa forma, que as preferências pessoais podem representar um fator de influência significativa no desenvolvimento da sequência de ensino. Já o professor B procurou também usar seu repertório pessoal, mas, para ensinar ondas, um conteúdo programado no planejamento anual. Dessa forma optou por usar a sequência de ensino com uma motivação mais pragmática. Em sua fala o professor B demonstrou, também, muita atenção com procedimentos de organização no desenvolvimento da sequência com o objetivo de manter a turma sempre focada no trabalho em sala de aula, controlando mais as oportunidades de dispersão da atenção e de indisciplinas.

Assim, é possível perceber que a forma como os professores desenvolveram a sequência de ensino está relacionada a aspectos como: a forma como conseguem lidar com as pressões externas em relação ao conteúdo, a facilidade com certos conteúdos, a experiência com este tipo de atividade, as concepções sobre ensino e aprendizagem e de uma forma unânime a vontade de que seus alunos estejam motivados e envolvidos com o processo de ensino aprendizagem. Todos estes aspectos são constitutivos do ser professor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que nosso objetivo de identificar e caracterizar o que cada um dos professores procurou fazer no desenvolvimento da sequência de ensino foi alcançado. As categorias de análise que emergiram do discurso dos professores e que ao mesmo tempo identificamos na literatura deram forma a um quadro bem definido das escolhas que fizeram na abordagem da sequência por eles desenvolvida. Nessa investigação o referencial usado foi efetivo para atingirmos os resultados desse trabalho, ajustando-se muito satisfatoriamente na abordagem dos dados de pesquisa obtidos nas entrevistas com os professores. Ainda, podemos ressaltar que, a metodologia adotada favoreceu uma boa combinação de todas as fases da nossa pesquisa, orientando todo o nosso esforço para a obtenção dos resultados apresentados.

A interseção dos três professores na categoria ensinar conteúdos conceituais aparece como um resultado significativo para incentivar o uso de sequências de ensino CTSA/QSC, uma vez que alguns autores como Silva e Carvalho (2009) apontam para resultados de pesquisas com professores de Física em formação inicial, que relatam receio em trabalhar com temas CTS, por considerarem essa, uma forma de aprendizagem pouco exigente com relação aos conteúdos conceituais de ciência. Em nossa pesquisa observamos um trabalho consistente e aprofundado em conteúdos conceituais no desenvolvimento da sequência por parte dos três professores.

Podemos, ainda, observar que o professor C manifestou uma atenção por ações de contextualização do ensino de física em diferentes momentos do seu discurso. Este professor também mobilizou mais ações para o entendimento das relações CTSA, desenvolvimento do pensamento crítico e formação da cidadania. Isso pode ser um indício de que um maior envolvimento no trabalho com essas categorias conduziria a uma maior contextualização do ensino, o que acreditamos sugerir uma possibilidade a ser investigada na elaboração e desenvolvimento de sequências de ensino com o objetivo de imprimir mais significado em relação ao “mundo vivido” na aprendizagem de física.

Em nossa análise do discurso dos professores foi possível também encontrar vários pressupostos do ensino CTSA/QSC identificados na literatura e considerados em nossa pesquisa como categorias de análise. Os professores demonstraram por meio de seus discursos terem trabalhado de uma forma diversificada com essas categorias analisadas ao fazerem uso de repertórios pessoais. Além disso, observamos uma interação significativa entre os aspectos centrais do referencial teórico, ou sejam, elementos do planejamento, experiências dos

aprendizes e competências dos professores, que foi produzida nas ações dos professores no empenho de um efetivo trabalho de qualidade no desenvolvimento da sequência de ensino.

A apresentação do trabalho diversificado dos professores com as categorias analisadas pode representar um indício de que, se quisermos oferecer material para os professores trabalharem em sala de aula, devemos elaborar propostas que ofereçam um conjunto com um maior número de possibilidades para o seu desenvolvimento, uma vez que os professores, ao se apropriarem desse material, irão fazê-lo por meio de uma ideologia pessoal que se apresenta nas escolhas que fazem, e nas quais, vão imprimindo suas marcas, manipulando, modificando e reordenando o material proposto, como ficou demonstrado em nossa pesquisa. E assim, não devemos esperar que os professores irão simplesmente reproduzir orientações de um material que foi elaborado com certos propósitos sem nenhuma interferência pessoal. Oportunamente, a sequência de ensino usada em nossa pesquisa mostrou-se bem ajustada nesse contexto.

O referencial teórico proposto por Sadler e Murakami (2014) usado em nossa pesquisa demonstrou ser muito útil na identificação das escolhas e preferências dos professores nessa abordagem de ensino CTSA/QSC. Revelou, assim, ser uma ferramenta importante na formação do nosso quadro de análise da diversidade do trabalho realizado pelos professores. Mostrou como vários dos pressupostos dessa abordagem de ensino surgiram no desenvolvimento da sequência por meio das ações relatadas por cada um dos professores.

Em nossa pesquisa procuramos focar mais atenção em um dos aspectos centrais do nosso referencial teórico, a saber, as competências dos professores, porque elegemos como objetivo o entendimento do que eles fizeram para desenvolver a sequência de ensino. Contudo, em função do grande volume de informações que reunimos por meio das entrevistas, consideramos que outras possibilidades de investigações podem ser conduzidas explorando os outros aspectos do núcleo central do nosso referencial, a saber, elementos do planejamento e experiências dos aprendizes, assim como, os aspectos do ambiente de sala de aula e influências periféricas. Foi possível identificar em várias oportunidades no discurso dos professores informações que nos remetiam a esses aspectos. Alguns desses episódios apareceram nos trechos que foram apresentados e analisados nesse trabalho, como por exemplo, a tensão sentida pelos professores para o ensino propedêutico, que identificamos como um aspecto das influências periféricas, e a ruptura dos professores com tal perspectiva.

Essa pesquisa representou uma oportunidade de haver um tempo para ousar, para conviver, observar, ouvir, aprender e caminhar com outros professores. E principalmente, dar

voz aos professores: uma atitude que quase nunca é observada nas discussões das questões educacionais quando promovidas por gestores de órgãos oficiais como as Secretarias e o Ministério da Educação.

Com os professores aprendemos novas maneiras de ensinar. Aprendemos que existem muitos caminhos possíveis para ensinar, por mais simples que seja a lição. Todos válidos, todos legítimos, porque no ser humano encontramos múltiplos universos. Esperamos que nossa pesquisa represente um elo entre o que aprendemos com os professores e o que pretendemos passar para os nossos leitores.

REFERÊNCIAS

AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência e Ensino**, v. 1, 2007. Edição especial. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/147/109>> Acesso em: 12 jul. 2014.

AIKENHEAD, G. S. What is STS Science teaching, 1994. In: Chapter 5 in J. Solomon & G. Aikenhead. **STS Education: International Perspectives on Reform**. Teachers College Press, New York, 1994.

BAKHTIN, M. M. (VOLOCHÍNOV, V. N.). **Marxismo E Filosofia Da Linguagem**. Tradução de M. Lahud e Y. F. Vieira. 12ª Ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

BARBOSA, L. G. D.; LIMA, M. E. C. de C.; MACHADO, A. H. Controvérsias sobre o Aquecimento Global: Circulação de Vozes e de Sentidos Produzidos em Sala de Aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.14, n.1, p.113-130, 2012.

BRAIT, B. Bakhtin e a natureza constitutivamente dialógica da linguagem. In: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin, Dialogismo e Construção do Sentido**. Campinas: UNICAMP, 1997.

BRANDÃO, H. H. N. Introdução à Análise do Discurso. 2ª Edição. Editora Unicamp, Campinas, 2004.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, v. 2. Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCNEM - **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 1999.

CAREGNATO, R. C. A; MUTTI, R. Pesquisa Qualitativa: Análise de discurso versus Análise de Conteúdo. **Texto Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v.15, n.4, p. 679-684, out./dez. 2006.

CHRISTIDOU, V. Interest, attitudes and images related to Science: combining student`s voices with the voices of school, science, teachers, and popular Science. **International Journal of Enviromental & Science Education**, v.6, n.2, p. 141-159. 2011.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.8, n.2, p. 109-123. 2003.

GAUTHIER, C. *et al.* **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí: Editora Unijuí, 1998. 480 p.

GOULART, C. Enunciar é argumentar: analisando um episódio de uma aula de História com base em Bakhtin. **Pro-Posições**, Campinas, v. 18, n. 3 (54), p. 93-107, set./dez. 2007.

KOHL, M. O. **Vygotsky: Aprendizado e Desenvolvimento: Um processo sócio – histórico**. São Paulo: Scipione, 2010.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LOMBORG, B. **The Skeptical Environmentalist**: Measuring the Real State of the World. Cambridge University Press, 2006.

MELLO, T. da E. T de. **Investigando episódios na mídia para ensinar Física**. 2007. 45 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

NOGUEIRA, C. A Análise do Discurso. In: Almeida, L.; Fernandes, E. (Ed.). **Métodos e técnicas de Avaliação: novos contributos para a prática e investigação**. Braga, 2001.

PAIXÃO F.; CENTERO, C.; QUINA, J.; MARQUES, V.; CLEMENTE, A. Investigar e Inovar na Educação em ciências para um futuro sustentável. **Eureka**. v.7, n. ext., p. 230-246, 2010.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**. São Paulo, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PÉREZ, L. F. M.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e Dificuldades da Abordagem de Questões Sociocientíficas na Prática de Professores de Ciências. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, maio de 2012.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. Educação Ambiental e Temas Controversos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.14, n.2, p. 159-169, 2014.

REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**. Instituto de Física, UFRGS. v. 10, n. 2, junho de 2005.

ROLDÃO, M. Currículo como Projecto – O papel das escolas e dos professores. In: **Reorganização e gestão curricular no ensino básico: Reflexão participada**. Porto: Porto Editora. p. 13-21, 1999.

SADLER, T. D.; MURAKAMI, C.D. Socio-Scientific Issues Based Teaching and Learning: Hydrofracturing as an Illustrative Context Of A Framework For Implementation and Research. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 331- 342, abr. 2014.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no Ensino de Ciências por Meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica. **Ciência e Ensino**, v.1, novembro de 2007. Edição especial.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. 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, dezembro de 2002.

SILVA, L. C. Os professores e a prevenção da indisciplina em sala de aula. In: SOUZA, J. V. A.; DINIZ, M.; OLIVEIRA, M. G. (Org.). **Formação de professores(as) e condição docente**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, p. 186-204.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. de. Professores de Física em Formação Inicial: o ensino de Física, a abordagem CTS e os temas controversos. **Investigações em Ensino de ciências**, v.14(1), p. 135-148, 2009.

SILVA, M. A. S. M. Sobre a Análise do Discurso. **Revista de psicologia da UNESP**, v.4(1), 2005.

UNESCO – **Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005 – 2014**, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/education-for-sustainable-development/#c155001>> Acesso em: 3 de novembro de 2015.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, L. M.; HOWES, E. V. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education. **Wiley InterScience**, 23 march 2005.

APÊNDICES

I: PERGUNTAS PARA A ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM OS PROFESSORES

1 – Como você recebeu a sequência de ensino sobre Aquecimento Global? Quais foram as expectativas? Como foi que você a aplicou em sala de aula?

2 – Como os alunos reagiram? Houve maior envolvimento deles com as aulas do que era observado em aulas anteriores à sequência?

3 – Houve discussões, polêmicas ou controvérsias? Nesse caso como foram trabalhadas?

4 - Você deu mais importância a uma determinada aula da sequência do a outra? Qual? Por que?

5 – Você explorou mais o conteúdo programático ou conduziu para uma discussão com maior implicação no dia-a-dia? Ou te interessou mais as implicações sócio-políticas e econômicas, ou de outra natureza nesse problema? Qual foi a sua visão pessoal ao trabalhar com essa questão?

6 – Houve algum fato curioso ou interessante durante as aulas da sequência que tenha despertado sua atenção e que mereça ser relatado? Alguma coisa te surpreendeu nesse trabalho?

7 – Você trabalhou com a sequência como você habitualmente trabalha ou você teve que modificar sua forma de conduzir as aulas? Nesse caso o que mudou na sua forma de trabalhar para essa sequência de ensino?

8 – Já havia trabalhado com esse tipo de tema anteriormente? Nesse caso, qual a diferença que você observa em relação à experiência com esta sequência?

9 – Como você vê a questão de se trabalhar temas controversos nessa linha de abordagem CTS? O que há de novo, quais são as dificuldades, possibilidades e rupturas em relação ao que se faz tradicionalmente no ensino de física?

10 – Esse tipo de aula produziu algum efeito na escola como um todo?

11 – Você gostou de trabalhar com a sequência? Como foi a experiência para você?

12 – O que precisa ser modificado na sequência e por que?

13 – Como foi o retorno dos monitores do PIBID em relação à sequência de ensino?

II: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) – PROFESSORES

O abaixo-assinado, _____, Professor do Ensino Médio da Escola Estadual _____, aceito participar da pesquisa “Aquecimento Global: uma sequência de ensino para a Escola Pública”, coordenada pelo Prof. Orlando Gomes de Aguiar Junior, matrícula na UFMG 14.214-X, lotado na Faculdade de Educação da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte – MG, fone (31) 3499 5329, e-mail: orlando@fae.ufmg.br e conduzida pelo Prof. Tarcísio da Eucaristia Tadeu de Mello, aluno de Mestrado em Educação e Docência na FaE-UFMG. A pesquisa pretende investigar processos de ensino e aprendizagem em salas de aula de Física e temas da vida contemporânea.

A minha aceitação dá-se nas seguintes condições:

- 1) Pelo presente termo autorizo a gravação em áudio, das entrevistas conduzidas pelo Professor Tarcísio da Eucaristia Tadeu de Mello, das quais participo como entrevistado.
- 2) O uso desses dados em áudio será feito com exclusivo interesse de pesquisa e formação de professores sobre processos de aprendizagem de ciências em ambientes inovadores de ensino.
- 3) Em nenhuma hipótese será feita qualquer divulgação desses materiais que não em meio acadêmico com propósitos educacionais. Eles ficarão sob a guarda do pesquisador e não poderão ser veiculados em qualquer mídia.
- 4) Os dados serão tratados para análise e produção de transcrições a partir das gravações em áudio.
- 5) Autorizo a divulgação, em periódicos especializados e em congressos científicos, dessas análises e das transcrições, desde que sejam mantidos o meu anonimato.
- 6) Autorizo o uso das gravações para treinamento de pesquisadores na análise de áudio.
- 7) Declaro haver lido o presente termo e entendido as informações fornecidas pelo pesquisador e sinto-me esclarecido para participar da pesquisa.

Declaro, outrossim, que tenho conhecimento de que, no caso de surgirem problemas, poderei contatar o Comitê de Ética da UFMG, localizado na Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, Prédio da Reitoria, sala 7018, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, fone 3499 4592, fax 3499 4027, e-mail: coep@reitoria.ufmg.br

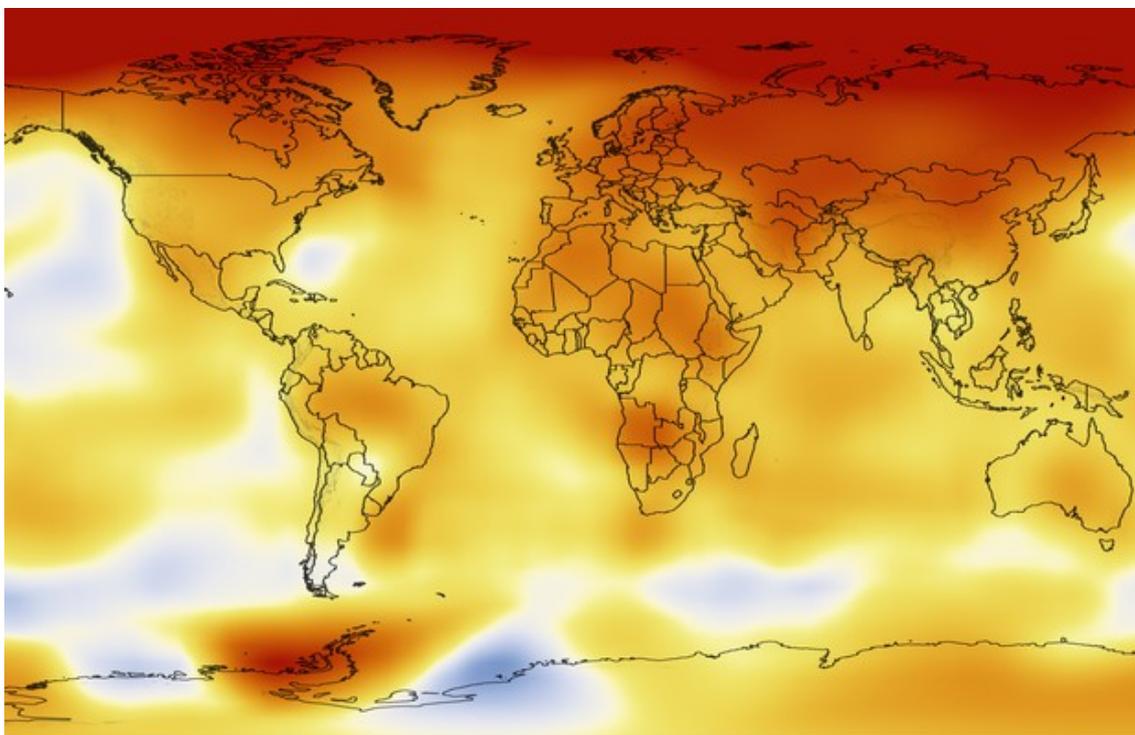
Por ser verdade, firmo o presente, em três vias, duas das quais serão devolvidas ao pesquisador e uma ficará em meu poder.

Belo Horizonte, ____/____/2015

ANEXO

PRODUTO DO MESTRADO PROFISSIONAL

DIFERENTES ABORDAGENS NO DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO CTS/QSC SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL POR TRÊS PROFESSORES EM ESCOLAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS



O mapa de cor da Nasa mostra onde a Terra esquentou mais (em vermelho)

Fonte:

<https://www.google.com.br/search?q=mapas+zonas+termicas+da+terra&biw=1366&bih=599&site=webhp&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwih1OP1o8PKAhWGpB4KHddhDnIQ7AkIJg#imgrc=rz17Bd1TNiM-SM%3A>

APRESENTAÇÃO

O trabalho que aqui apresentamos é o produto resultante de uma pesquisa realizada com três professores de física de escolas públicas do estado de Minas Gerais. Esses professores também são integrantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid) da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. Como supervisores do Pibid em suas escolas eles trabalham com os estudantes de licenciatura de física em suas primeiras experiências em sala de aula. A pesquisa realizada procurou identificar como esses professores desenvolveram uma sequência de ensino na linha de abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) com Questões Sociocientíficas (QSC), com o tema aquecimento global e mudanças climáticas.

As primeiras experiências com essa abordagem de ensino surgem por volta do ano de 1970 nos Estados Unidos e tinham como objetivo apresentar o ensino de ciência no contexto dos problemas sociais, muitos dos quais oriundos das novas tecnologias resultantes das pesquisas com a física, química e biologia, como as armas nucleares, os pesticidas e as armas biológicas. Assim, buscava-se apresentar a ciência mais próxima da sua real dimensão, desmistificando crenças na sua neutralidade e inequívoca benignidade, por meio da contextualização dos conteúdos conceituais de ciências. Colocando o ensino de ciências nas questões encontradas pelos estudantes em situações da vida na sua contemporaneidade. Àqueles problemas mencionados anteriormente foram acrescidos de outros, como os que vivemos hoje com o desmatamento, a poluição, o aquecimento global e as mudanças climáticas. A abordagem CTS passa a ser identificada por alguns autores como sendo CTSA, com A para incorporar as questões ambientais. Se nesse contexto CTSA também forem incluídas as questões éticas, morais, econômicas, podem ser levantadas discussões com questões sociocientíficas (QSC). Temos nessa abordagem de ensino todo um esforço para integrar as questões humanas - política, sociedade, economia e cultura - no estudo da ciência. Ao mesmo tempo esse empenho pode responder aos anseios de estudantes que não veem significado no estudo das ciências devido a uma abordagem estritamente técnica e descontextualizada. Por isso, acreditamos que essa abordagem de ensino CTSA/QSC pode representar uma boa proposta para estimular o envolvimento dos estudantes nas aulas de ciências.

Em nossa pesquisa de revisão bibliográfica procuramos identificar as características mais marcantes dessa abordagem de ensino. O que alguns autores chamam de pressupostos do ensino CTSA/QSC, isto é, o que devemos esperar quando trabalhamos com essa abordagem,

em síntese é: **despertar o interesse dos estudantes, envolver a turma nas discussões e debates, superar problemas de apatia e indisciplina, ensinar conteúdos conceituais de ciências, entender as relações CTSA, desenvolver o pensamento crítico e a cidadania.**

1 - O REFERENCIAL TEÓRICO

Encontramos, também, um referencial teórico para elaboração e análise de sequências de ensino com abordagem QSC, proposto por Sadler e Murakami (2014). Esse referencial organiza aspectos característicos do ensino com QSC segundo o diagrama apresentado a seguir:

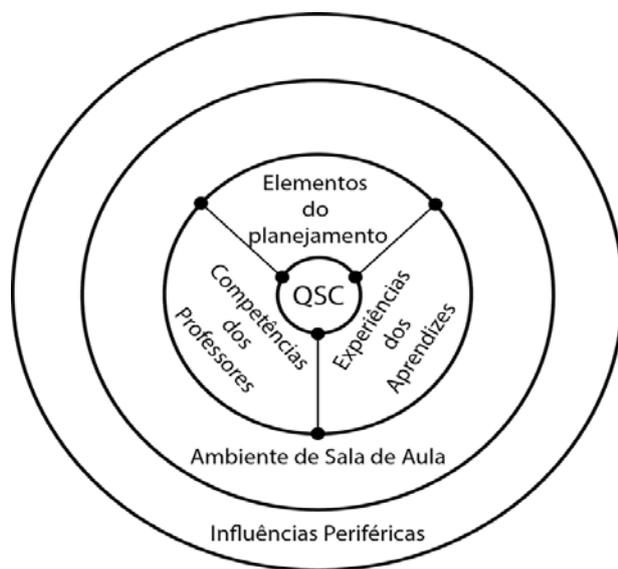


Diagrama do referencial QSC proposto por Sadler e Murakami.

Segundo o referencial proposto, existem três aspectos centrais no ensino com uma abordagem QSC, que para a nossa pesquisa podem ser apresentados da seguinte forma:

1) Elementos do planejamento: São aqueles relacionados à estrutura curricular, que são imprescindíveis ao processo de ensino-aprendizado com QSC e que compõe a sequência de ensino. São eles:

- a) Elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.
- b) Apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.
- c) Oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.

- d) Oferecer experiências que culminem em ações efetivas.
- e) Usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.
- f) Usar tecnologia para facilitar a experiência de aprendizado dos estudantes.

2) Experiências dos Aprendizes: são aquelas que destacam os tipos de experiências vivenciadas pelos aprendizes em um curso com abordagem em QSC. São elas:

- a) Engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.
- b) Confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.
- c) Coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.
- d) Saber lidar com a dimensão social da questão.
- e) Confrontar as dimensões éticas da questão.
- f) Considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.

3) Competências dos Professores: são aquelas responsabilidades pertinentes ao desempenho do professor na condução do processo de ensino-aprendizagem com QSC. São eles:

- a) Ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.
- b) Estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.
- c) Ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.
- d) Posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.

Envolvendo esse núcleo do referencial temos aspectos relacionados ao **ambiente de sala de aula**, que é uma dimensão espaço-temporal onde professores e alunos irão interagir. O que acontece nessa dimensão por meio da interação professor-aluno ou aluno-aluno irá favorecer ou inibir as conquistas possíveis ou potenciais no ensino-aprendizado com QSC, como por exemplo: questões de disciplina, interesse, engajamento, conflitos gerados entre a cultura juvenil e a acadêmica, e os modos como esses aspectos se relacionam.

A última dimensão considerada nesse referencial apresenta aspectos considerados como **influências periféricas** e que envolvem os modos como a comunidade escolar e a realidade que emerge da nossa sociedade interferem no planejamento e aplicação de atividades de ensino QSC na sala de aula, como: a possibilidade de haver ou não articulação dos professores para

um trabalho interdisciplinar, pressões de orientações para um ensino propedêutico, aspectos relacionados a formação inicial do professor, que não contempla discussões no campo das relações CTS, e infraestrutura da escola pública que oferece poucos recursos pedagógicos, são as que aparecem com mais frequência nos depoimentos dos professores.

Em nossa pesquisa esse referencial mostrou-se muito útil na análise que fizemos sobre o desenvolvimento de uma sequência de ensino CTS/QSC com o tema aquecimento global e mudanças climáticas. Mas, ele também pode ser usado para a elaboração de sequências de ensino com essa linha de abordagem.

Considerando os aspectos centrais desse referencial apresentado, em conjunto com os pressupostos do ensino CTS/QSC, que encontramos na literatura, podemos apresentar um quadro das ações que devem ser encadeadas pelos professores para garantir a realização do que é esperado com a abordagem de ensino CTS/QSC. Nesse quadro esperamos que os professores pensando na sequência de ensino busquem por:

- Despertar o interesse do aluno
- Envolver a turma nas discussões e debates
- Superar os problemas de indisciplina e apatia dos estudantes
- Ensinar conteúdos conceituais em ciências
- Entender as relações CTS
- Desenvolver o pensamento crítico
- Construir a cidadania

Essas expectativas ou potencialidades não estão dadas de antemão na sequência de ensino, ao contrário devem ser conquistadas pelo professor no trabalho com os estudantes. A sequência de ensino reúne um conjunto de potencialidades, que estão presentes nos elementos do planejamento, mas que não se cumprem por si mesmas. Para que esse planejamento seja cumprido, transformando-se em realidade é necessário a intervenção do professor.

Aqueles aspectos centrais do referencial QSC apresentados como **elementos do planejamento, experiências dos aprendizes e competências dos professores**, estão relacionados de tal forma, que os professores devem usar de seus conhecimentos, habilidades, recursos pedagógicos, crenças, preferências pessoais ou estilo de docência, e de um possível

apoio que possam ter de um grupo de trabalho ou de estudos formado com outros professores, para que os elementos do planejamento possam ser colocados em prática, isto é, possam acontecer na experiência dos aprendizes. Usando esse conjunto de recursos os professores buscam cumprir o planejamento. Realizam o que esperam alcançar com essa abordagem de ensino, e dessa forma, transformam a sequência de ensino que a eles foi oferecida em um trabalho com marcas pessoais produzidas pelas suas escolhas. Por conseguinte, ao final, esse trabalho estará identificado à ideologia de cada professor.

O quadro a seguir apresenta uma possibilidade de interseção entre os pressupostos do ensino CTSA/QSC e os aspectos centrais do referencial teórico que apresentamos. Para cada pressuposto indicado ações ou intenções em cada um dos aspectos centrais devem ser encadeadas ou alcançadas pelo professor para que o processo de ensino-aprendizagem possa se desenvolver. Esta é uma entre muitas possibilidades de interseções entre esses pressupostos e os aspectos centrais do referencial teórico. Por exemplo: para despertar o interesse do aluno, o professor deve posicionar-se como orientador do conhecimento e não como única autoridade, recorrendo ao uso de instruções em torno de questões de forte relevância, usar a mídia para conectar as atividades de sala de aula para ao mundo real e usar tecnologias para facilitar a aprendizagem dos estudantes, para engaja-los em atividades que demandem habilidades de alto nível. Esse quadro e esse exemplo não representam de forma nenhuma um manual de instruções, mas tão somente, um esclarecimento de um ponto que muitas vezes por ser tão óbvio não é notado: os pressupostos de uma sequência de ensino CTSA/QSC não serão alcançados se não houver uma efetiva ação do professor nesse sentido.

| Categorias | 1. Elementos do planejamento | 2. Experiências dos aprendizes | 3. Competências dos professores |
|--|--|--|--|
| Despertar o interesse do aluno | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> <p>f) usar tecnologia para facilitar a experiência de aprendizado dos estudantes.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> | <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Envolver a turma nas discussões e debates. | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Superar os problemas de indisciplina e apatia dos estudantes | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> | <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Ensinar conteúdos conceituais em ciências | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Entender as relações CTS | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>b) apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |
| Desenvolver o pensamento crítico / Construir a cidadania | <p>a) elaborar propostas de ensino em torno de questões relevantes.</p> <p>b) apresentar QSC no início da sequência de ensino, e não ao final como exemplo de aplicação da unidade de ensino.</p> <p>c) oferecer suporte aos estudantes em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>d) oferecer experiências que culminem em ações efetivas.</p> <p>e) usar a mídia para conectar atividades de sala de aula ao mundo real.</p> | <p>a) engajamento em atividades que demandem habilidades de alto nível.</p> <p>b) confrontar ideias e teorias científicas relacionadas à questão.</p> <p>c) coletar e/ou analisar dados científicos relacionados à questão.</p> <p>d) saber lidar com a dimensão social da questão.</p> <p>e) confrontar as dimensões éticas da questão.</p> <p>f) considerar temas da natureza da ciência associadas à questão.</p> | <p>a) ter conhecimento sobre os conteúdos científicos relacionados à questão.</p> <p>b) estar consciente sobre as considerações sociais associadas à questão.</p> <p>c) ser honesto em relação às suas limitações de conhecimento.</p> <p>d) posicionar-se como um orientador do conhecimento e não como única autoridade.</p> |

Quadro de interseções entre os pressupostos CTSA/QSC e aspectos centrais do referencial Sadler e Murakami.

2 – O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

Considerando como os professores desenvolveram a sequência de ensino, identificamos aspectos relacionados às escolhas que fizeram na forma de conduzir esse trabalho. Essas escolhas expressam as suas singularidades no desenvolvimento dessa sequência de ensino. Reunimos e apresentamos, logo abaixo, as que consideramos mais significativas, com a intenção de ilustrar as múltiplas possibilidades de se abordar uma sequência CTSA/QSC. Esperamos com isso produzir um estímulo à reflexão, para que cada professor se sinta incentivado a buscar seu próprio caminho. A sequência de ensino que eles receberam é a que aparece a seguir. A partir dela os professores foram acrescentando as suas contribuições enquanto se apropriavam dessa proposta de trabalho a eles oferecida.

2.1 – Possibilidades de desenvolvimento da sequência de ensino a partir do que fizeram os professores:

A sequência de ensino foi desenvolvida pelos professores com uma carga horária que variou entre eles de 8 a 12 aulas.

Antes do início do desenvolvimento da sequência um dos professores fez a leitura do “Summary for Policymakers”, como uma forma de se preparar melhor para as discussões sobre o tema. Esse texto é um relatório produzido pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), e apresenta informações atualizadas sobre o aquecimento global e as mudanças climáticas, e direcionadas, principalmente, para um público formado pelos responsáveis por políticas para o gerenciamento ambiental. O relatório pode ser encontrado em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>> Acesso em: 11 mar. 2015.

Para iniciar a sequência com os alunos ele realizou uma discussão sobre atmosfera, usando como recurso o site do King`s Centre for Visualization in Science (KCVS) que apresenta uma demonstração com esse assunto no endereço: <http://www.kcvs.ca/site/projects/climate_files/atmosphere/atmosphere.swf>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Em seguida, ele continuou com a discussão, apresentando os ciclos hidrológicos usando dados do site do INPE no endereço: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 11 mar. 2015. E também no site de buscas do google por: “ciclo hidrológico”.

Após essa discussão sobre atmosfera e ciclos hidrológicos ele passou três artigos para leitura dos alunos:

a) “Quando os humanos começaram a alterar o clima”, em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/quando_os_humanos_comecaram_a_alteraro_clima>. Acesso em: 11 mar. 2015.

b) “A física por trás das mudanças climáticas”, em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_fisica_por_tras_das_mudancas_climaticas>. Acesso em: 11 mar. 2015.

c) “Há consenso científico a respeito do aquecimento global?” Em: <<http://www.skepticalscience.com/translation.php?a=17&l=10>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Assim esse professor optou por trabalhar com uma introdução usando artigos de divulgação científica e sites com recursos de demonstrações para ilustrar essa discussão inicial sobre o tema que seria abordado.

Outro professor preferiu fazer uma introdução sugerindo que os alunos fizessem uma pesquisa na mídia sobre reportagens e artigos sobre o tema da sequência, como proposto em 2 da atividade 3.

O terceiro iniciou como proposto na sequência com a atividade 1, começando uma reflexão a partir do que os alunos já sabiam.

Para a atividade 2, “o que sabemos sobre o clima”, um dos professores usou uma atividade elaborada para estudar a relação entre a temperatura e a latitude disponível no site:

<<http://crv.educacao.mg.br/sistemacrv/index.aspx?idobeto=102600&tipo=ob&cp=780031&cb=&n1=&n2=roteirosdeatividades&n3=ensinomedio&n4=fisica&b=s>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Ainda nessa atividade, para trabalhar com o mapa térmico da Terra, este professor preferiu usar as informações disponíveis no “clime change visizualization from 1880 to 2010 by NASA” disponível no YouTube.

Outro, preferiu substituir o mapa pelas imagens fornecidas em uma simulação disponível em <<http://www.kcvs.ca/site/projects/climate.html>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

E o terceiro optou por projetar o mapa por meio de um Datashow na sala de aula durante o desenvolvimento da atividade 2.

Para trabalhar com a atividade 3 e explicar o que é o efeito estufa, um dos professores usou um site de simulações que pode ser acessado em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Na atividade 4 que apresenta o conceito de radiações eletromagnéticas, encontramos uma parte relativa ao estudo de ondas, que foi trabalhado por um dos professores por meio do uso de uma mola “slink”, para demonstrar as propriedades como comprimento, frequência, amplitude e tipos de ondas transversal e longitudinal.

A atividade 5: medindo a temperatura de sistemas que recebem continuamente energia de uma fonte externa, apresenta duas experiências propostas como demonstrações. Uma para reproduzir o efeito albedo e a outra para reproduzir o efeito estufa. Um dos professores propôs duas atividades para essas duas experiências que apresentamos a seguir:

Atividades: física térmica e ótica (radiações)

Atividade 1: efeito albedo

➤ Para essa experiência você vai precisar:

- 1) 2 latinhas de refrigerante. Pintar uma na cor branca e a outra na cor preta. Para algumas marcas de refrigerante as latas já são encontradas nessas cores. Latas prateadas podem substituir a branca.
- 2) Uma luminária para lâmpada incandescente.
- 3) Uma lâmpada de 100W/127V
- 4) Dois termômetros de laboratório.

➤ Roteiro:

- 1) Colocar 100ml de água em cada latinha.
- 2) Verifique qual é a medida da temperatura ambiente indicada em cada um dos termômetros e anote. Observe que eles têm que marcar o mesmo valor.
- 3) Colocar um termômetro em cada latinha.
- 4) Acenda a luminária e direcione seu foco para as latinhas. Aguarde 15 minutos.

- 5) Retire os termômetros e anote o valor da temperatura indicada para cada uma das latinhas.
- 6) Compare os valores das duas temperaturas medidas.

➤ Perguntas:

- 1) Qual era a medida da temperatura dos termômetros antes de colocá-los nas latinhas?
- 2) Qual foi a temperatura indicada por cada termômetro após os 15 minutos que ficaram nas latinhas?
- 3) Compare esses valores das temperaturas medidas para cada latinha. Esses valores são iguais?
- 4) Procure explicar o resultado dessa comparação. Você acha que esse resultado tem relação com a cor de cada lata? Explique.
- 5) Como a luz interage, em cada caso, com a superfície das latas?
- 6) Como a luz atua no aquecimento da água nas latinhas?

- Recomendações: o professor deve levantar pistas para a discussão dos resultados. A partir das pistas levantadas junto com os alunos, ele deve elaborar uma explicação de caráter mais formal.

Atividade 2: efeito estufa

➤ Para essa experiência você vai precisar:

- 1) De duas caixas de madeira de aproximadamente 30 cm de comprimento, 5 cm de largura e 5 cm de altura. Para uma delas deverá haver uma tampa de vidro com as mesmas dimensões de comprimento e largura da caixa. A outra ficará sem tampa. Você mesmo pode construir as caixas e solicitar a tampa de vidro em um vidraceiro.
- 2) Pintar a parte interna das caixas de preto.
- 3) Uma luminária para lâmpada incandescente.
- 4) Uma lâmpada de 100W/127V
- 5) Dois termômetros de laboratório.

➤ Roteiro:

- 1) Equilibre a temperatura dos termômetros com o ambiente. Anote o valor da temperatura nestas condições.
- 2) Coloque um termômetro em cada caixa e tampe uma delas com a lâmina de vidro.
- 3) Exponha as duas caixas sob a luz por aproximadamente 10 minutos.
- 4) Após este período meça o valor da temperatura em cada caixa.

➤ Perguntas:

- 1) As temperaturas das caixas ficaram iguais ou diferentes? Se houver diferença em qual das duas caixas a temperatura ficou maior?
- 2) Você esperava o resultado obtido? Construa uma justificativa a partir dos elementos presentes nas duas caixas.
- 3) Qual é o papel da radiação no aquecimento das caixas?

➤ Recomendações: o professor após as atividades deve iniciar uma discussão com os alunos buscando uma melhor elaboração do conhecimento.

Na atividade 6, um professor usou simulações para mostrar interações entre vários tipos de gases presentes na atmosfera, entre eles os gases de efeito estufa, e a radiação infravermelha, e que podem ser vistas no PhET ⁵: moléculas e luz, no endereço:

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/molecules-and-light>. Acesso em 11 mar. 2015.

A atividade 8 apresenta um estudo com gráficos de absorção de radiação eletromagnética, que no depoimento dos professores são de difícil compreensão para os estudantes. Um dos professores conseguiu obter um resultado mais satisfatório para as análises desses gráficos, completando esse estudo com simulações que podem ser vistas nos endereços:

- 1) <<http://www.kcvs.ca/site/projects/climate.html>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

⁵ PhET – Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder.

2) <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_en.html>. Acesso em: 11 mar. 2015.

3) <http://www.kcvs.ca/site/projects/common_files/IR_Spectrum/IR_spec5.swf>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Finalizando essa apresentação das múltiplas possibilidades de desenvolver essa sequência de ensino, ainda foi possível identificar que cada um desses professores explorou mais aspectos relacionados aos seus recursos disponíveis, gostos pessoais e a urgência de cumprir conteúdos planejados. Assim, um deles recorreu a muitos recursos de demonstrações já disponíveis em seu repertório para o ensino da astronomia, para mostrar como é a interação entre a luz do sol e a Terra, no processo de aquecimento do planeta. Um outro, por ter uma preferência pessoal pelo eletromagnetismo, explorou mais detalhadamente o conteúdo de radiações eletromagnéticas no mesmo processo de aquecimento da Terra. O terceiro professor ao chegar na parte da sequência relativa ao estudo da radiação procurou explorar mais detalhadamente o conteúdo de ondas, adiantando as aulas do que seria trabalhado logo a seguir na sua programação anual. Então, como demonstramos nesse trabalho existem muitos caminhos possíveis para escolhermos no desenvolvimento de uma sequência de ensino. A nossa intenção com essa exposição é estimular uma reflexão para que cada professor possa achar sua própria abordagem nesse tipo de empreendimento.

2.2 - A sequência de ensino “Aquecimento global e mudanças climáticas” que foi usada pelos professores:

A sequência de ensino que apresentamos a seguir foi elaborada originalmente por um grupo de professores da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. E desenvolvida no Colégio Técnico da mesma universidade na disciplina de química. Para ser usada pelos professores de física na escola pública sofreu algumas adaptações como mudança de foco para a física e acréscimo de uma unidade sobre clima e tempo.

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO PARA A ESCOLA PÚBLICA:
AQUECIMENTO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ATIVIDADE 1:

Vamos iniciar um estudo sobre *aquecimento global e mudanças climáticas*. Para isso precisamos inicialmente entender o que é o clima. Você já deve ter alguma informação a respeito desse assunto ao estudar Geografia, em reportagens de jornais, TV ou internet. Então escreva o que você já sabe sobre o que é o clima:

ATIVIDADE 2: O QUE SABEMOS SOBRE O CLIMA.

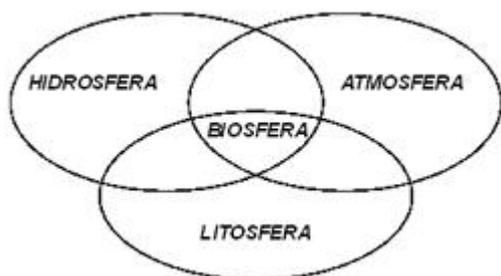
Leia o texto a seguir retirado do site “Dia a dia na educação” da secretaria de educação do estado do Paraná:

Segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), existe diferença entre o tempo e o clima. O tempo é o estado físico das condições atmosférica em um determinado momento e local. Isto é, a influência do estado físico da atmosfera sobre a vida e as atividades do homem. O clima é o estudo médio do tempo para o determinado período ou mês em uma certa localidade. Também, se refere às características da atmosfera inseridas das observações contínuas durante um certo período. O clima abrange maior número de dados e eventos possíveis das condições de tempo para uma determinada localidade ou região.

Desta maneira, tempo e clima são dois termos que estão intimamente relacionados, mas, mesmo assim, distintos. É bom lembrar, que a temperatura, chuva, vento, umidade, nevoeiro, nebulosidade, etc., formam o conjunto de parâmetros do tempo (estado instantâneo da atmosfera) e o clima, portanto, corresponde ao comportamento das condições atmosféricas de determinado lugar por muitos anos sucessivos.

As informações seguintes, retiradas do site “Colégio WEB” completam o significado do clima:

"O estudo do tempo e do clima ocupa uma posição central e importante no amplo campo da ciência ambiental. Os processos atmosféricos influenciam os processos nas outras partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera. Do mesmo modo, os processos e as outras partes do ambiente não podem ser ignorados no estudo do tempo e do clima. Os quatro domínios globais – a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera – não se superpõem uns aos outros, mas continuamente permutam matéria e energia entre si" (AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Bertrand. p.1,(2002).



DEFINIÇÕES:

Tempo (meteorológico): são condições atmosféricas de um determinado lugar em um dado momento.

Clima: é a sucessão habitual dos tipos de tempo num determinado lugar da superfície terrestre.

"É importante conhecer os fatores climáticos benéficos ao homem, como a luminosidade, os ventos, a pluviosidade e o calor, e saber como utilizá-los sabidamente. Aqueles que trazem prejuízos, como secas, tempestades, enchentes, geadas e furacões, não podem ser encarados como inevitáveis, pois, com conhecimento e ação eficiente, podem ser controlados. Ou, ainda, podem-se criar condições para enfrentar suas consequências. É o que o geógrafo Milton Santos denomina controle passivo da natureza" (OLIVA, Jaime e GIANANTI, Roberto. Espaço e Modernidade: temas da geografia Mundial. Atual. p. 271. 2001).

O estudo do clima implica o conhecimento e a análise de inúmeros elementos e fatores:

Elementos: *São as grandezas físicas que podem ser medidas, em uma estação meteorológica por exemplo, e que variam com o tempo e com o local, sendo determinantes na definição do clima de uma região.*

Exemplo: Radiação solar, temperatura atmosférica, umidade, pressão atmosférica, etc.

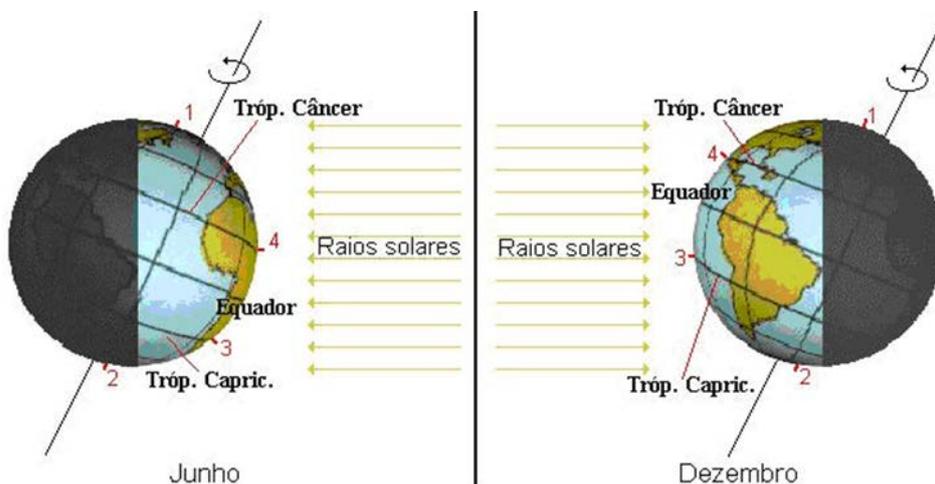
Fatores: *São condições físicas locais, ou de uma região, que interferem nos elementos climáticos e conseqüentemente no clima resultante.*

Exemplo: Relevo, vegetação, correntes marítimas, latitude, altitude, massas de ar, etc.

RELAÇÃO TEMPERATURA / LATITUDE

A luz do Sol incide na terra em feixes de raios praticamente paralelos. À medida que se aproxima dos polos, a incidência dá-se cada vez mais obliquamente.

Assim, podemos concluir que, à medida que nos afastamos da parte central do planeta, as médias térmicas diminuem.



| INFLUÊNCIA DA LATITUDE NA TEMPERATURA | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|
| Cidade | Latitude | Média térmica anual |
| Belém | 1° 28' S | 25,9°C |
| Salvador | 12° 55' S | 25,5°C |
| Vitória | 20° 19' S | 24,4°C |
| Porto Alegre | 31° 01' S | 20,1°C |

Fonte: IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*, 1995. (NOTA: Todas as cidades estão ao nível do mar.)

Um mapa térmico da Terra, em consequência da radiação solar, pode ser visto abaixo ou uma simulação pode ser vista em: <http://www.kcvs.ca/site/projects/climate.html>

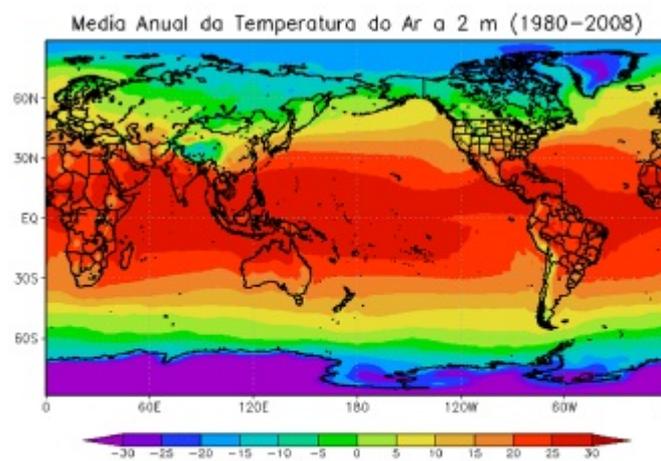


Figura 1. Média anual (1980-2008) da temperatura do ar (°C) a 2 metros de altura. Dados obtidos da reanálise do NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996)

QUESTÕES PARA DISCUTIR E RESPONDER EM GRUPO:

- 1 – Identifique as cores com os valores de temperaturas na escala Celsius (°C). Qual é a cor que representa a maior temperatura? E qual é a que representa a menor temperatura?
- 2 - Compare as temperaturas apresentadas nesse mapa com o desenho acima que mostra a incidência da radiação solar e estabeleça uma relação entre eles.
- 3 - Considerando o que foi exposto sobre o clima podemos afirmar que clima e tempo significam a mesma coisa? Justifique sua resposta.
- 4 – Quando um boletim meteorológico afirma que a temperatura sofrerá uma diminuição em seu valor para os próximos dias, ele está falando de clima ou de tempo? Justifique sua resposta.
- 5 – Quando alguém afirma que faz muito frio em Santa Catarina no mês de julho, ele está falando de tempo ou de clima? Justifique sua resposta.
- 6 – Ao observar o mapa térmico verificamos que o Brasil está em uma faixa de temperatura com valores que não são muito diferentes para todo o seu território, entretanto sabemos que podemos identificar vários tipos de climas para o nosso país como nos mostra o mapa abaixo. Como você pode justificar essas diferenças climáticas?



Climas do Brasil

6 – Quais são os elementos e os fatores que influenciam no clima de uma certa região da Terra?

ATIVIDADE 3: O QUE SABEMOS SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL

1. Discuta com seu grupo: o que vocês sabem o que gostariam de saber sobre efeito estufa e aquecimento global?

O que sabemos

O que gostaríamos de saber

| | |
|--------------------|--------------------|
| Efeito Estufa | Efeito Estufa |
| Aquecimento Global | Aquecimento Global |

2. Pesquise em jornais, revistas e páginas na Internet notícias relacionadas com aquecimento global e efeito estufa.
3. Leia os artigos e selecione um dos artigos que julgar mais interessante.
 - a) Identifique as principais ideias e argumentos apresentados no corpo do artigo. Registre por escrito. Esse texto será retomado pelos grupos ao final da sequência de ensino.
 - b) Posicione-se frente às informações veiculadas no artigo escolhido. Considere se o artigo apresenta ideias que você compreende, quais são elas? Quais são as ideias que você não compreende? Identifique, ainda, as ideias com as quais você concorda e outras que você não concorda ou tem dúvidas sobre sua validade.

Discuta suas ideias registradas com seus colegas do grupo. Vocês devem preparar juntos uma síntese a ser apresentada em plenária para toda turma.

ATIVIDADE 4: AQUECIMENTO GLOBAL; UM TEMA POLÊMICO.

Ao contrário do que supõe boa parte da exposição do tema “aquecimento global” na mídia, o entendimento que se tem dele, do ponto de vista científico, está ainda sujeito a forte controvérsia. De um lado, podemos agrupar cientistas que têm posições mais ou menos convergentes com aquelas expressas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU (IPCC). Os relatórios do IPCC alegam que a Terra se encontra em ciclo de acentuado e crescente aquecimento, sendo esse causado pelo aumento de emissão de gases estufa pela ação humana, especialmente o CO₂. De outro lado, podemos agrupar outros cientistas, que se autodenominam cépticos, que contestam que o aquecimento esteja relacionado à ação antropogênica ou consideram que há um forte exagero nas projeções realizadas pelo IPCC.

Nesse material de ensino, procuramos apresentar conceitos e modelos científicos para que você, aluno, possa compreender alguns dos argumentos apresentados pelos dois lados da controvérsia. Para estruturar o texto, consideramos, a princípio, os argumentos e dados apresentados pelo IPCC, desenvolvendo modelos e conceitos que ajudam a interpretar e compreender esse ponto de vista. Entretanto, no Box “*A polêmica por trás dessa questão*” iremos apresentar pontos de vista conflitantes com tal visão.

Desse modo, não é nossa intenção tomar partido de uma ou de outra posição frente ao debate, mas apenas informar e desenvolver ferramentas conceituais que permitam, a cada um de nós, tomar posição frente ao tema e compreender as dinâmicas envolvidas na construção do conhecimento científico na sociedade.

As temperaturas da Terra e a radiação solar

As temperaturas da Terra variam de lugar para lugar por fatores diversos como altitude, condições de relevo, umidade, deslocamento de massas de ar e água. Também variam devido a latitude, característica que explica também a variação da temperatura em uma mesma localidade, em diferentes épocas do ano. Isso ocorre por duas razões:

1. A energia irradiada pelo Sol atinge com igual intensidade todas as partes do Planeta.
2. Essa energia não atinge igualmente toda a superfície do planeta ou uma dada localidade em diferentes épocas do ano, devido a inclinação de seu eixo de rotação em relação à direção perpendicular aos raios solares.

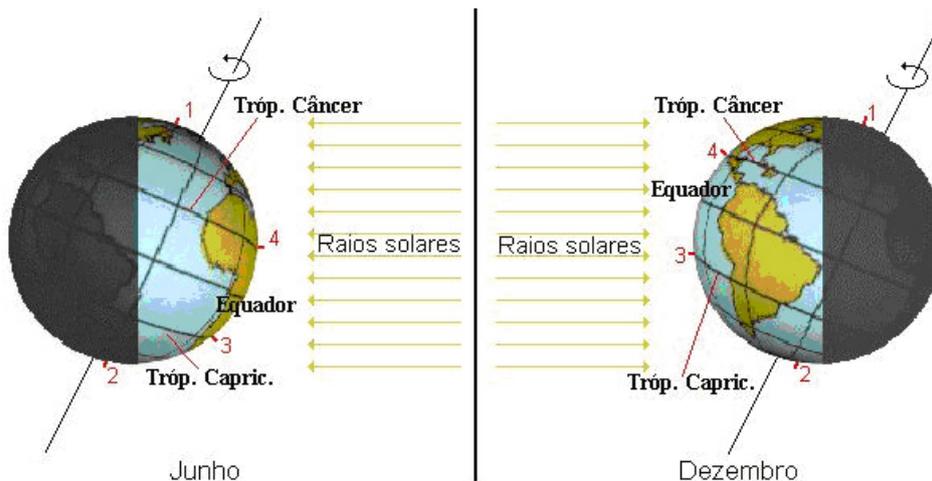


Figura 1: Incidência dos raios solares na Terra no solstício de inverno e verão do hemisfério Sul, em junho e dezembro, respectivamente. Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/agricultura/img/rotacao.jpg>.

- a) Desenhe dois pequenos círculos idênticos de alguns centímetros sobre o trópico de capricórnio (ponto 3) em ambos os meses do ano – junho e dezembro. Prolongue os raios solares até que eles encontrem a área no interior dos círculos. Eles recebem a mesma quantidade de energia solar? Por que? Como você relaciona esta constatação às estações do ano no hemisfério sul nos respectivos meses do desenho?
- b) Explique por que as temperaturas médias de Belo Horizonte (latitude 20° Sul) são usualmente mais elevadas do que as de Porto Alegre (latitude 30° Sul) durante todo o ano.

A intensidade luminosa que chega ao planeta Terra é aproximadamente a mesma em qualquer ponto do globo, pois refere-se à potência irradiada pelo Sol e à distância que determinado ponto do espaço se encontra de nossa estrela. Este fato é graficamente representado pela distância entre os raios – sempre igual – evidenciando uma mesma densidade de radiação. A questão é que devido à inclinação do eixo da Terra em relação à direção perpendicular aos raios solares, o *fluxo da radiação* que atravessa uma mesma área é diferente, tal como foi constatado pelo diferente número de raios que perpassam os círculos de mesmo tamanho, desenhado à mesma latitude em diferentes épocas do ano (junho e julho). A figura 2 pode melhor exemplificar por que, devido à curvatura e inclinação do eixo da Terra, as temperaturas nas regiões de alta latitude, como os polos, são em média mais baixas que as regiões tropicais.

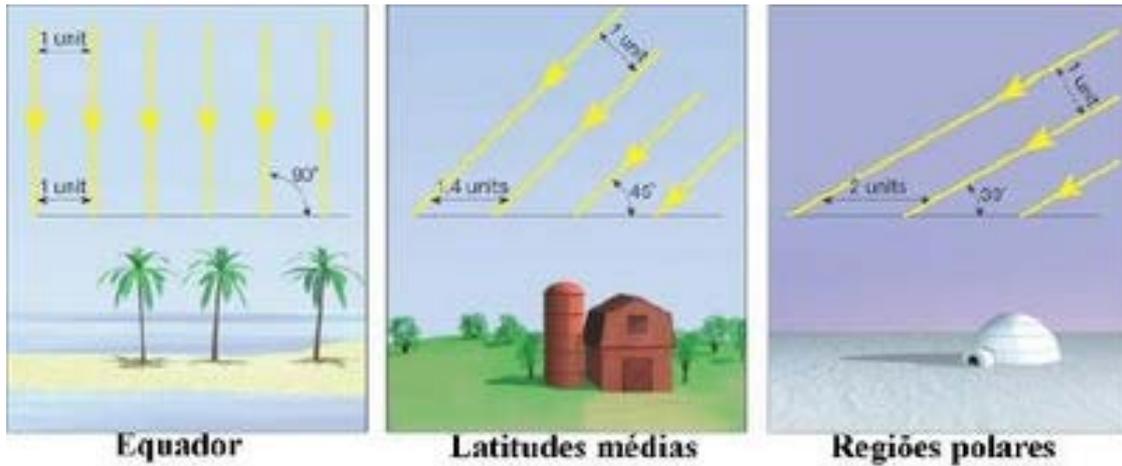


Fig. 2 – Inclinação da radiação solar durante os equinócios

Apesar de todas essas flutuações na temperatura da superfície da Terra, é possível falar de uma **temperatura média do planeta**, sendo esta surpreendentemente estável. É esse valor que está registrado no gráfico abaixo (figura 3), que compõe o conjunto de evidências da ocorrência do aquecimento global, tal como apresentado pelo IPCC.

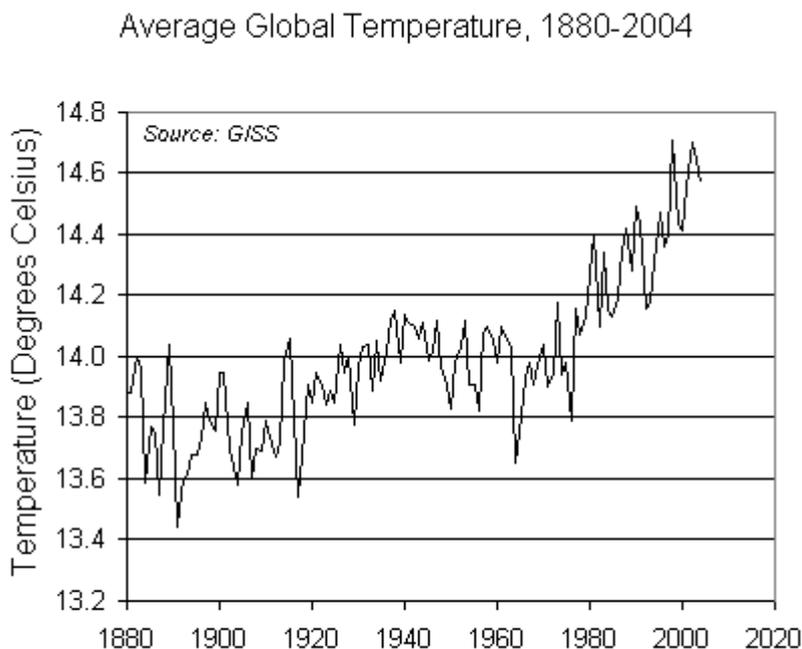


Fig. 3: Variação histórica da temperatura média global (superfície da atmosfera) em relação ao valor médio entre 1880-2004. Fonte: [NASA](https://www.nasa.gov/) Goddard Institute for Space Studies (GISS)

O gráfico nos informa que a temperatura média do planeta Terra se manteve, nos últimos 120 anos, relativamente estável em torno de 14° C com variações de menos de 1° C entre os valores máximo e mínimo em todo esse período.

Pense, discuta, pesquise e responda:

1. *Como você imagina que a temperatura média do planeta seja medida nos dias de hoje? E os valores do passado?*
2. *Você considera significativo o aumento da temperatura média do planeta nos últimos 100 anos?*

Apesar desses pequenos valores de variação de temperatura - apenas 1° C entre o valor máximo e mínimo nos últimos 100 anos - há um relativo consenso entre cientistas do IPCC de que o Planeta passa por um ciclo de aquecimento e que esse ciclo está, de algum modo, ligado às atividades humanas após a revolução industrial, em especial, devido à emissão de CO₂ na atmosfera. Mesmo as mudanças de temperatura sendo aparentemente modestas, os cientistas do IPCC enfatizam as imensas quantidades de energia envolvidas em tais variações. Além disso, alertam para o fato de que as mudanças na temperatura do planeta têm se mostrado com maior intensidade nas altas latitudes, gerando derretimento de geleiras e calotas polares, o que influenciaria, por sua vez, o clima.

À alegação de que o aumento de 0,6° C é insignificante, argumenta-se que, na última era glacial, a cerca de 10.000 anos atrás, a temperatura média do Planeta era apenas 5° C inferior aos valores atuais. Registros geológicos e paleontológicos mostram que tal variação acarretou grandes mudanças na superfície, na vida e na atmosfera da Terra.

Portanto, para compreender a ideia de “aquecimento global” é preciso distinguir as variações das temperaturas do ar no local em que estamos (que muda com grande intensidade), das variações de temperatura média da superfície do Planeta.

A polêmica por trás dessa questão: Como explicar as variações de temperatura média global?

O gráfico da figura 3 apresenta dois períodos de acentuado aumento de temperatura global: o primeiro, entre 1910 e 1940 e o segundo, a partir de 1970. Isso tem sido interpretado de diferentes maneiras.

Alguns climatologistas destacam que o aquecimento do período 1910-1940 não pode ser atribuído às emissões de gás carbônico, que não eram tão elevadas nesse período. Alegam, ainda, que a inércia térmica dos oceanos retardaria um possível incremento de efeito estufa nesse período.

A inércia térmica está relacionada à capacidade térmica, ou seja, à quantidade de energia necessária para fazer variar a temperatura de um sistema. Os oceanos, por possuírem uma enorme massa de água, material de elevado calor específico, possuem grande inércia térmica, isto é, mesmo quando recebem grande quantidade de energia não aumentam a temperatura rapidamente.

A que se deveria então o incremento de temperatura global no período anterior à segunda guerra mundial? Alguns climatologistas defendem que existem fatores naturais sobrepostos à ação humana e que seriam esses os responsáveis pelo aquecimento em escala planetária nesse período. Entre tais fatores, tem sido examinado a influência dos

raios cósmicos (radiação ionizante emitida pelo Sol) na formação das nuvens e, portanto, na elevação de temperatura.

Esses cientistas (entre outros tantos, convém lembrar os nomes de Luiz Carlos Molion, meteorologista da UFAL, o português Rui Moura, o mexicano Mario Molina, prêmio Nobel de Química, o dinamarquês Bjorn Lomborg e o norte-americano Patrick Michaels) levantam então a suspeita de que o atual ciclo de aquecimento global possa ter igualmente fatores naturais acrescidos por fatores antropogênicos (emissão de gases estufa decorrente da atividade humana), tese contrária àquela difundida pelos cientistas do IPCC.

Outra alegação do grupo dissidente é a de que o aumento de temperatura na baixa troposfera não se verifica na alta troposfera. Medidas feitas por satélites indicam que as temperaturas nessa região (a cerca de 10 km da superfície) tem diminuído, o que parece paradoxal.

Alegam esses cientistas que a atmosfera possui um comportamento extremamente complexo. Há um consenso entre os cientistas de que dobrando a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera terá *algum* efeito na temperatura da Terra. Mas não existe acordo sobre a intensidade de tal aumento. Existem razões variadas, alegam eles, para crer que o aumento é menor do que o previsto nos modelos climáticos que vêm sendo desenvolvidos e validados pelo IPCC.

Para saber mais:

Procure informações na internet com textos dos cientistas citados e outros indicados por eles, além dos relatórios do IPCC. A respeito da temperatura da alta atmosfera, consulte o site da Nasa http://science.nasa.gov/newhome/headlines/essd06oct97_1.htm. Anote seus achados para discutir com seus colegas.

Na página do Projeto “Visualização de Processos em Ciências” (<http://www.kcvs.ca/projects/climate/climate.php>), da Universidade de Alberta, Canadá, trabalhe com as simulações de temperatura da superfície da atmosfera (SATemperature), umidade, precipitação e anomalias na temperatura e umidade. Faça um registro escrito do que foi observado.

Para compreender a razão da estabilidade da temperatura média global, precisamos compreender qualitativamente radiações eletromagnéticas, seus vários tipos e características básicas como sua frequência e a energia transportada por ela.

Para discutir com os colegas...

- 1) Como é possível explicar que a luz e o calor do Sol cheguem até o nosso planeta após atravessar um imenso vazio (vácuo)?

- 2) Há semelhanças entre as ondas de rádio produzidas em uma estação FM e as ondas de TV produzidas na sede de uma emissora? Ambas possuem a mesma natureza? O que fundamentalmente as diferencia?

- 3) Por que os raios ultravioletas se são emitidos juntamente com a luz e o calor pela mesma fonte, o Sol, são tão mais nocivos à pele? O que diferencia estas três formas de radiação?

Radiações Eletromagnéticas

Também conhecidas por *ondas eletromagnéticas*, o que as diferencia das ondas na superfície de um lago ou das ondas sonoras é a natureza de sua formação e propagação. Enquanto as últimas conhecidas por *ondas mecânicas* são propagadas utilizando-se de partículas materiais para transmitir sua energia adiante (ex.: a onda no lago movimentando partículas de água, a onda sonora movimentando partículas do ar durante a comunicação entre duas pessoas, etc.), as ondas eletromagnéticas são propagadas sem a mobilização de partículas materiais, já que se utilizam da sucessiva indução de campos elétricos e magnéticos, alterações no espaço adjacente.

O que elas têm em comum, pelo fato de serem ondas, é a produção, necessariamente ligada ao movimento oscilatório de uma fonte. Enquanto as ondas mecânicas são produzidas por fontes mais variadas possíveis, as ondas eletromagnéticas são produzidas por acelerações e desacelerações de cargas elétricas.

O número de oscilações completas a cada unidade de tempo, executadas pela fonte, seja ela mecânica ou eletromagnética, é conhecida por *frequência*. Uma unidade comumente usada é o Hertz (Hz), que expressa o número de oscilações a cada segundo.

A característica temporal na produção da onda, implica na formação de um padrão espacial diferente. É intuitivo notar que quanto maior a frequência com que a pessoa põe a corda a oscilar, mais estreitas são suas ondulações, tal qual expressa a figura 4. Ao comprimento de uma oscilação completa denominamos *comprimento de onda* (λ).

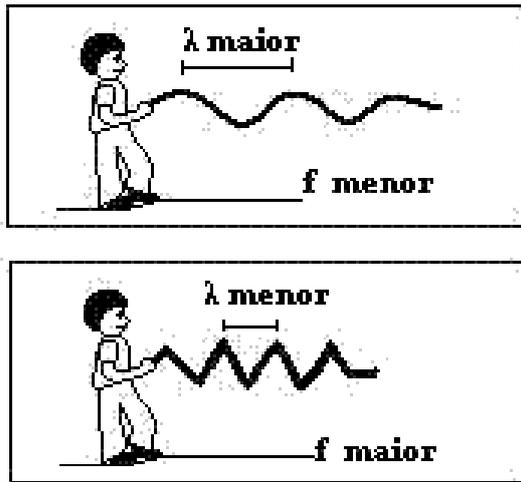


Fig. 4 – Oscilações produzidas por uma pessoa (fonte) em duas frequências diferentes, e em consequência, dois comprimentos de onda diferentes.

Da mesma forma que as ondas mecânicas em uma corda, ondas de rádio, TV, micro-ondas usadas por celular ou por nossos fornos, radiação visível, calor (radiação infravermelho), radiação ultravioleta, raios-x ou raios- γ , possuem a mesma natureza como discutido acima, diferenciando-se apenas pelo número de oscilações da carga elétrica que as produziram. Ao conjunto de frequências possíveis e detectáveis das radiações eletromagnéticas presentes no universo, chamamos *espectro eletromagnético*, tal qual expresso na figura 5.

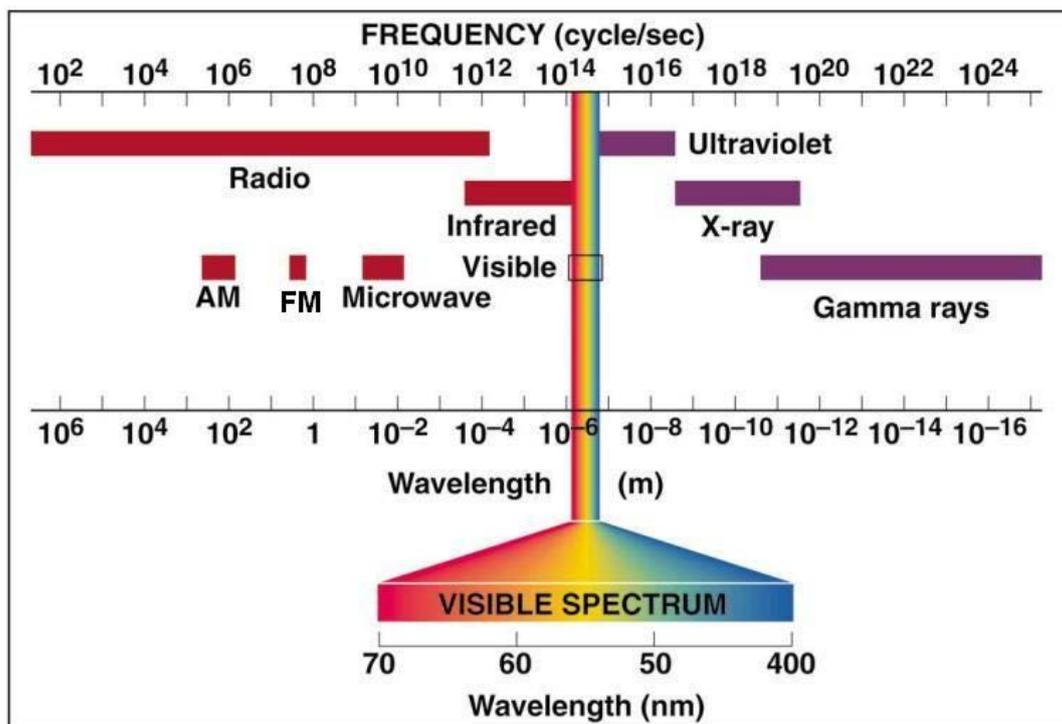


Fig.5 – Espectro eletromagnético. Fonte: <http://omnis.if.ufrj.br>

Perceba que a frequência e o comprimento de onda são inversamente proporcionais, como exposto acima. Ondas de rádio e TV são ondas longas, isto é seus comprimentos de onda chegam a centenas de metros, mas suas frequências são baixas em comparação com raios-X e raios- γ . Estes últimos chegam a oscilar setilhões de vezes por segundo, mas podem possuir comprimentos menores que o núcleo de um átomo.

O físico alemão Max Planck (1858-1947) propôs no início do século XX, mais tarde expandido por Einstein, a ideia que uma radiação teria seu valor de energia transportado *proporcional* à frequência de oscilação de um pulso de onda eletromagnética.

$$E = h.f$$

Sendo $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J X s}$ – conhecida como constante de Planck

Isso explicaria o poder de penetração crescente na matéria, à medida que a frequência da radiação aumenta. Por isso, os raios-ultravioletas são mais nocivos e cancerígenos que a radiação visível, pois atingem camadas mais profundas do tecido epitelial provocando reações químicas e possíveis alterações no DNA. Também é possível inferir o risco de superexposição a raios-x durante radiografias ou a blindagem reforçada por largas paredes de chumbo contra o escape de raios- γ em centros de irradiação de alimentos, com o objetivo de aumentar sua conservação.

ATIVIDADE 5: MEDINDO TEMPERATURAS DE SISTEMAS QUE RECEBEM CONTINUAMENTE ENERGIA DE UMA FONTE EXTERNA.

A Terra recebe sempre uma quantidade de energia radiante do Sol (aproximadamente 3×10^{14} Joules por ano). O que faz então com que sua temperatura média seja relativamente estável e não esteja sempre aumentando? Como a presença dos gases na atmosfera terrestre participam da estabilização deste equilíbrio? Variações na tonalidade da superfície podem implicar em temperaturas diferentes? (Reveja o mapa térmico da Terra)

Nessa atividade, vamos medir a temperatura de objetos expostos a uma radiação contínua usando termômetros simples de mercúrio.

Investigação 1 – Reconhecendo a influência do albedo

1) Faça incidir a luz de uma lâmpada de 100-300W sobre duas latinhas com 200ml de água em cada. Uma delas você deve pintar de preto, a outra, de branco. Após 10 minutos, compare as temperaturas da água no interior de cada uma delas.



Figura 6 – Simulação do albedo

Você esperava pelo resultado observado? Como você pode explicar este fato?

Investigação 2 – Simulando o efeito dos gases na atmosfera

1) Providencie duas caixas de madeira, forre-as com papel preto e posicione um termômetro em seus interiores. Sobre uma delas (caixa A) posicione um pedaço de vidro transparente de modo a cobri-la toda, enquanto que a outra (caixa B) permaneça destampada. Meça as temperaturas iniciais e finais após 30 minutos de exposição ao sol.

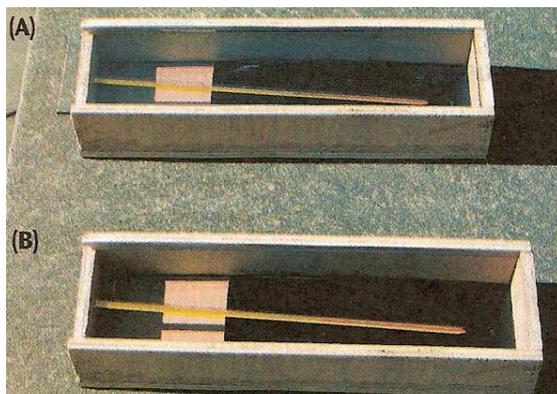


Figura 7 – Caixas-estufa

Fonte: APEC, 2003, p.142. 6ª série

Você esperava o resultado observado? Qual das caixas atingiu maior temperatura? Construa uma justificativa a partir dos elementos presentes nas duas caixas.

Como esta investigação das caixas ou a investigação das latas pode ser relacionada a nossa discussão sobre temperatura média?

Texto: O Balanço energético do Planeta Terra

Considerando os resultados conseguidos na atividade 5, imagine que um carro esteja, em um primeiro momento, à sombra, em equilíbrio térmico com o ar à sua volta. Colocamos, então, o carro ao sol e sua temperatura vai se elevando pois está absorvendo energia radiante do sol. No entanto, a temperatura da lataria do carro não aumenta indefinidamente. Como explicar esse resultado?

As medidas que fizemos nas caixas e nas latas indicam que a temperatura vai se elevando até se estabilizar em um novo patamar de equilíbrio. O mesmo acontece com a lataria do carro. Isso ocorre porque o carro não apenas absorve parte da energia radiante do sol (na faixa de radiação visível), mas também emite radiação (na faixa do infravermelho).

O infravermelho é também denominado radiação térmica, pelo fato de ser emitido por materiais aquecidos. Quanto maior a temperatura da superfície do material, maior a taxa de radiação infravermelho por ele emitida. Assim, a lataria do carro vai emitindo cada vez mais energia na medida em que se aquece. Depois de certo tempo exposto ao Sol, a temperatura da lataria do carro se estabiliza porque a taxa de energia que ele está emitindo é igual à taxa de energia que ele está absorvendo do Sol.

De forma análoga às latas, um carro escuro absorve mais energia luminosa do que um carro claro, pois este último reflete maior parte da radiação solar que incide sobre ele. Por essa razão, a temperatura de equilíbrio do carro escuro exposto ao Sol será maior do que a temperatura de equilíbrio do carro claro. Nessa condição de equilíbrio, o carro escuro estará emitindo mais energia na radiação infravermelho do que o outro carro, de cor clara.

De forma análoga ao vidro da caixa, o vidro do carro é transparente à radiação visível, mas o é, do mesmo modo, em relação a radiação infravermelho. Assim, a luz do Sol ilumina o painel e o estofamento do carro, aquecendo-os. Esses materiais aquecidos emitem radiação infravermelho que é, em parte, absorvida pelo vidro. Uma segunda razão para o aquecimento é que os vidros fechados impedem a circulação do ar (saída de ar quente e entrada de ar frio).

Assim podemos definir *balanço energético da Terra e sua principal consequência*:

Balanço energético é o balanço da taxa de radiação emitida e absorvida pela superfície da Terra. Ele é responsável pela temperatura média terrestre manter-se relativamente constante ao longo do tempo.

Podemos estabelecer uma analogia entre o comportamento de um carro exposto ao Sol e da Terra no espaço. Enquanto absorve energia radiante do Sol, na faixa de radiação visível, a Terra também emite radiação infravermelho.

A Terra recebe sempre uma mesma quantidade de energia do Sol. A radiação solar atinge a superfície da Terra com uma potência média de 1000W/m^2 em dia claro e sem nuvens e numa superfície perpendicular à direção dos raios solares. Parte dessa energia, que nos chega por meio de radiação visível e ultravioleta, é refletida pela atmosfera e pela superfície do Planeta. Cerca de 70% da energia total que incide sobre a Terra é absorvida e desencadeia inúmeros processos, como a fotossíntese, os ciclos da água, as correntes atmosféricas e oceânicas, o aquecimento dos materiais. Como resultado, a Terra aquecida emite radiação infravermelho. Entretanto, a atmosfera da Terra não é transparente à radiação no infravermelho. Esse fenômeno é denominado efeito estufa, por ser análogo à estufa de plantas (e ao que ocorre com um carro exposto ao Sol). Graças a esse efeito, a temperatura média do Planeta é de cerca de 14°C e não -18°C como seria caso a atmosfera fosse completamente transparente à radiação no infravermelho.

Questão para discutir e responder em grupo:

O efeito estufa é, em si, um problema ou o problema está no agravamento do mesmo? Justifique sua resposta.

ATIVIDADE 6: UM MODELO PARA AS INTERAÇÕES ENTRE O CO_2 E A RADIAÇÃO INFRAVERMELHO.

Esta atividade pretende dar elementos para que você possa compreender como a radiação no infravermelho interage com as moléculas dos gases que denominamos “gases estufa”.

Em primeiro lugar, será necessário introduzir um fenômeno que os físicos denominam ressonância e, então, usando um modelo para representar as moléculas de CO_2 compreender as relações entre os gases estufa e a radiação infravermelho.

Construindo um modelo para o CO_2

Para representar uma molécula de CO_2 , vamos nos valer de um modelo físico que, embora extremamente simplificado, nos permite compreender o modo como as moléculas respondem à radiação eletromagnética de diferentes faixas de frequência.

1) Utilizando três bolinhas de tênis e duas hastes (ex. serras de metal), perfure as bolinhas de maneira a ligá-las, tal qual o modelo expresso na figura abaixo.

Faça uma previsão: Se você segurar a bolinha central e balance-la para cima e para baixo, variando a frequência – mais rápido e mais devagar, qual dos extremos fará com que as bolinhas laterais oscilem com maior amplitude?

2) Realize o imaginado. Observe o que acontece com as hastes metálicas e com as bolinhas nas pontas das hastes.

Sua previsão se confirmou? Como explicar o fenômeno observado?

3) Encurte o comprimento das hastes pela metade e realize uma nova previsão, isto é, se a mesma frequência que resultou em maior amplitude, ocasionará também um efeito similar na nova situação.

Sua previsão se confirmou? É possível afirmar alguma tendência sobre a transferência de energia da fonte (sua mão em vibração) e o sistema?

4) Se possível procure adaptar outros tipos de hastes ou bolinhas de constituição e massa diferente. Da mesma maneira, preveja se a transferência de energia máxima ocorrerá em frequências baixas ou altas, e se coincidem com àquelas registradas nos passos anteriores.

Discuta com seus colegas e procure elaborar um modelo que explique essas diferenças.

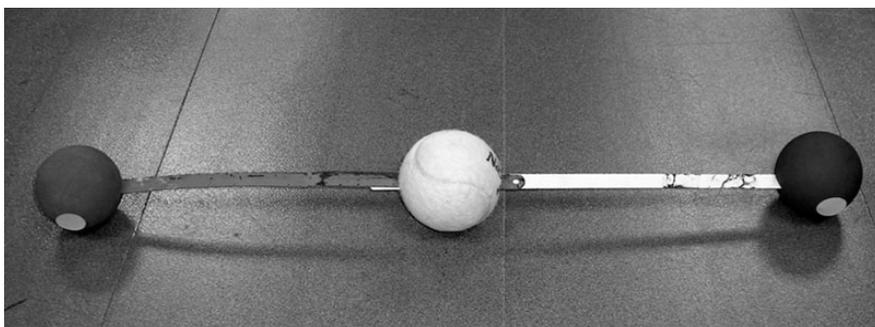


Figura 8: modelo do gás carbônico com hastes metálicas.

Texto

Os dois sistemas bolinhas-haste, utilizados nas experiências anteriores, possuem uma frequência natural de vibração. Essa frequência depende de características do sistema – a massa (ou inércia) das bolinhas, o comprimento e a elasticidade da lâmina metálica. Se as bolinhas forem mais pesadas, o sistema oscilará mais lentamente (com menor frequência). Se a lâmina for mais dura, de maior elasticidade, as forças restauradoras do equilíbrio serão mais intensas e o sistema irá oscilar com maior frequência.

As moléculas de água, gás carbônico e tantas outras, também oscilam em torno de posições de equilíbrio. Assim como nosso modelo de bolinhas, as moléculas possuem frequências naturais de vibração. Entretanto, devemos lembrar que, nesse caso, o sistema é mais complexo do que o nosso modelo mecânico, pois as moléculas possuem arranjos tridimensionais e podem executar vários movimentos de vibração (em torno de si mesmas e em diversos planos de simetria). De qualquer modo, as frequências naturais de vibração das moléculas dependem das mesmas características do sistema mecânico que utilizamos no experimento acima – a inércia (massa) e a elasticidade do sistema. A elasticidade, nesse caso, é dada pelas ligações químicas que mantêm juntas as partes do sistema.

Ao estimularmos nosso modelo mecânico (bolinhas presas por uma barra metálica) com uma ação externa, notamos que ele responde de modos diferentes dependendo da frequência da perturbação que aplicamos nele. Se a perturbação é feita de modo intermitente e com uma frequência próxima à frequência natural de oscilação do modelo mecânico, notamos que há um acoplamento entre ambos e um aumento surpreendente da amplitude de oscilação das bolinhas. Isso significa que, nessas condições, há uma eficiente transferência de energia entre a ação externa (perturbações provocadas pela bolinha central) e as oscilações naturais do sistema (oscilações das bolinhas laterais em resposta à primeira).

No experimento acima, notamos que o sistema das três bolinhas ligadas comportou-se de forma diferente quando a frequência do movimento da bolinha central foi diferente. Este sistema possui uma frequência ideal na qual o movimento das bolinhas laterais é reforçado, podendo atingir uma amplitude máxima. Quando saímos desta frequência ideal, neste caso aumentando a frequência, o movimento das bolinhas laterais pode até cessar.

Esse é um fenômeno muito importante para a química e a física e a ele denominamos **ressonância**.

Ressonância é o fenômeno em que se registra a transferência de [energia](#) de um sistema oscilante para outro, quando a [frequência](#) do primeiro coincide com uma das frequências naturais do segundo.

No

caso das moléculas de água, gás carbônico e outras quaisquer, podemos dizer o mesmo. Elas têm frequências naturais de vibração e podem ser ou não excitadas por diferentes faixas da radiação eletromagnética. Nesse caso, temos dois sistemas oscilantes: as moléculas (devido à inércia e forças de ligação) e a radiação eletromagnética. Apenas quando a frequência da radiação eletromagnética coincidir com uma das frequências naturais de vibração da molécula, ela irá absorver essa radiação. Essa absorção representa uma transferência de energia da radiação eletromagnética para a vibração das moléculas. O resultado é o aumento da energia cinética média das moléculas e, portanto, o aumento da temperatura do gás.

ATIVIDADE 7: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E A RADIAÇÃO INFRAVERMELHO

Se nós não conseguimos enxergar a radiação na faixa do infravermelho, de onde é que surgiu esta ideia? Tudo começou com um experimento, realizado em 1800 por um astrônomo inglês, Sir Frederick William Herschel. Ele queria testar se as diferentes cores do arco-íris continham níveis diferentes de calor. O experimento que ele usou para testar esta hipótese utilizou a luz do sol, um prisma e alguns termômetros. Os resultados do experimento estão reproduzidos na foto abaixo:

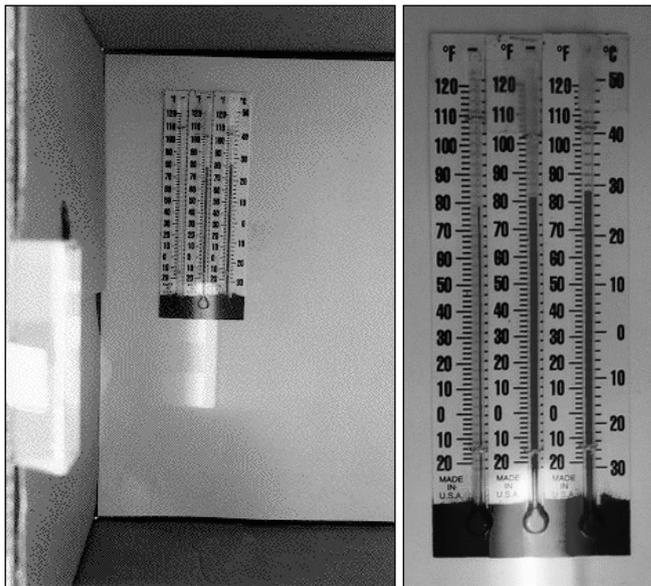


Figura 9: Experimento de Herschel

Nessa figura, um feixe de luz do Sol passou através de um prisma de vidro dando origem a um espectro contínuo com as cores indo do violeta ao vermelho. Três termômetros, com bulbo enegrecido, foram colocados em regiões diferentes deste espectro: o termômetro 1 foi posto na radiação azul, o termômetro 2 na faixa do amarelo e o termômetro 3, fora da radiação visível, à direita da faixa iluminada por luz vermelha. Este último termômetro foi colocado lá por Herschel como um controle, para medir a temperatura ambiente na sala. Para grande surpresa dele, após alguns minutos, os termômetros indicaram os seguintes valores:

| Termômetro | Temperatura (°C) |
|------------|------------------|
| 1 | 26 |
| 2 | 28 |
| 3 | 29 |

Interpretando resultados:

1. Herschel interpretou os dados desse experimento supondo que a região escura além do vermelho era atingida por uma faixa não visível do espectro que ele denominou “radiação calorífica”. O que você acha dessa interpretação? Como essa hipótese poderia ser testada?
2. A radiação eletromagnética que atinge o termômetro 3 é de menor frequência do que as outras duas, logo pela relação $E = hf$, deve apresentar menor energia. Como explicar, então, o fato de ser a temperatura deste termômetro maior do que as demais?

3. Construa uma explicação para a pseudo-incoerência, relacionando o fenômeno observado por Herschel ao conceito de ressonância elaborado a partir do modelo da molécula de CO₂.

Para saber mais: a descoberta da radiação infravermelho

Procure, na internet ou em livros, o contexto da descoberta do infravermelho pelo astrônomo inglês William Herschel. Anote os endereços das páginas que encontrar. Traga cópia dos artigos ou livros.

Um link interessante (em inglês, infelizmente) é

<http://www.sciencenetlinks.com/lessons.cfm?BenchmarkID=4&DocID=421>.

ATIVIDADE 8: INTERAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO E OS GASES

A demonstração com o modelo mecânico de bolinhas acopladas por hastes flexíveis pode nos ajudar a entender como as diferentes frequências da radiação produzem efeitos diferentes nas moléculas. Estes efeitos já são bem conhecidos: sabemos que uma molécula exposta à radiação na região de micro-ondas tem seu movimento rotacional acelerado; na região do infravermelho, a vibração das moléculas é ampliada. Já uma molécula exposta à radiação no ultravioleta pode ter suas ligações rompidas. Note que nem todas as substâncias interagem da mesma forma com radiações de mesma frequência. A água não absorve radiação no visível, porém, absorve intensamente radiação na faixa de frequência do micro-ondas, efeito usado nos fornos que aquecem os alimentos.

Colocando-se em um tubo transparente um gás como o dióxido de carbono, oxigênio ou vapor d'água, e passando-se através deste tubo um feixe de radiação eletromagnética, podemos observar que alguns comprimentos de onda desta radiação são absorvidos. Um detector percebe a intensidade da radiação e faz um registro na forma de um gráfico, conhecido como o espectro da substância. À medida em que vamos variando a frequência da radiação que atravessa o tubo, vamos medindo a absorção desta luz. A absorção da radiação depende entre outros fatores, da concentração do gás no tubo.

O gráfico abaixo mostra como se dá a absorção de radiação eletromagnética desde o ultravioleta até as micro-ondas, passando pelo infravermelho, para diversos dos gases presentes na atmosfera.

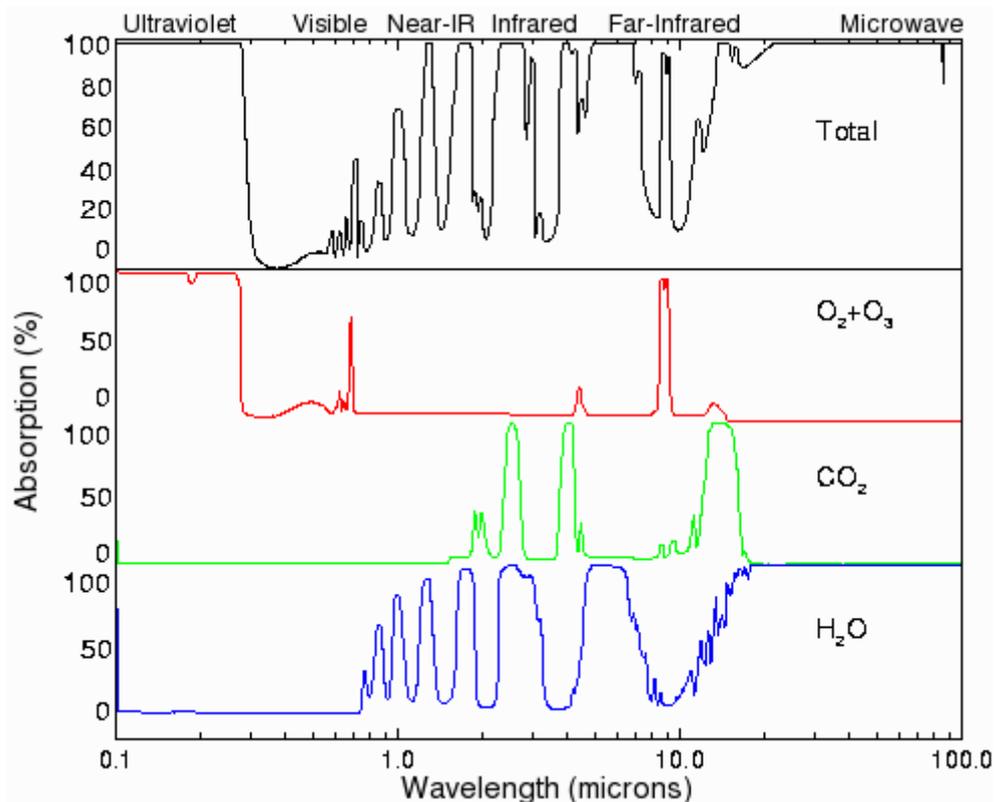


Fig. 10 – Espectro de absorção dos gases na atmosfera

Esse gráfico é uma espécie de assinatura digital de cada composto químico. Ele informa as frequências naturais daquela substância, que a distinguem de outras substâncias. Por isso, a espectroscopia de infravermelho é uma ferramenta muito importante para a análise química.

No alto do gráfico temos a soma dos espectros das substâncias abaixo. Podemos perceber que o ozônio (O_3) absorve intensamente no ultravioleta e que a água absorve radiação na faixa das micro-ondas. Na região do infravermelho, vemos que a água e o gás carbônico apresentam faixas de absorção significativas. Outros gases, como o metano (CH_4) e o óxido nítrico (N_2O) apresentam uma grande intensidade de absorção, mas sua concentração na atmosfera não é tão alta como a do gás carbono ou da água.

No gráfico abaixo podemos ver, sobrepostos ao gráfico anterior, o espectro da radiação solar chegando na Terra (à esquerda) e o espectro da radiação emitida pela Terra. Podemos notar que a radiação solar se concentra principalmente nas regiões de luz visível, ultravioleta e se estende até o infravermelho próximo. A Terra recebe esta energia, se aquece, e emite energia principalmente nas faixas do infravermelho, infravermelho distante e micro-ondas. É esta energia emitida pela Terra que é absorvida pelos gases estufa na atmosfera. Parte desta energia é então reemitida para a Terra, o que causa o aumento de temperatura observado.

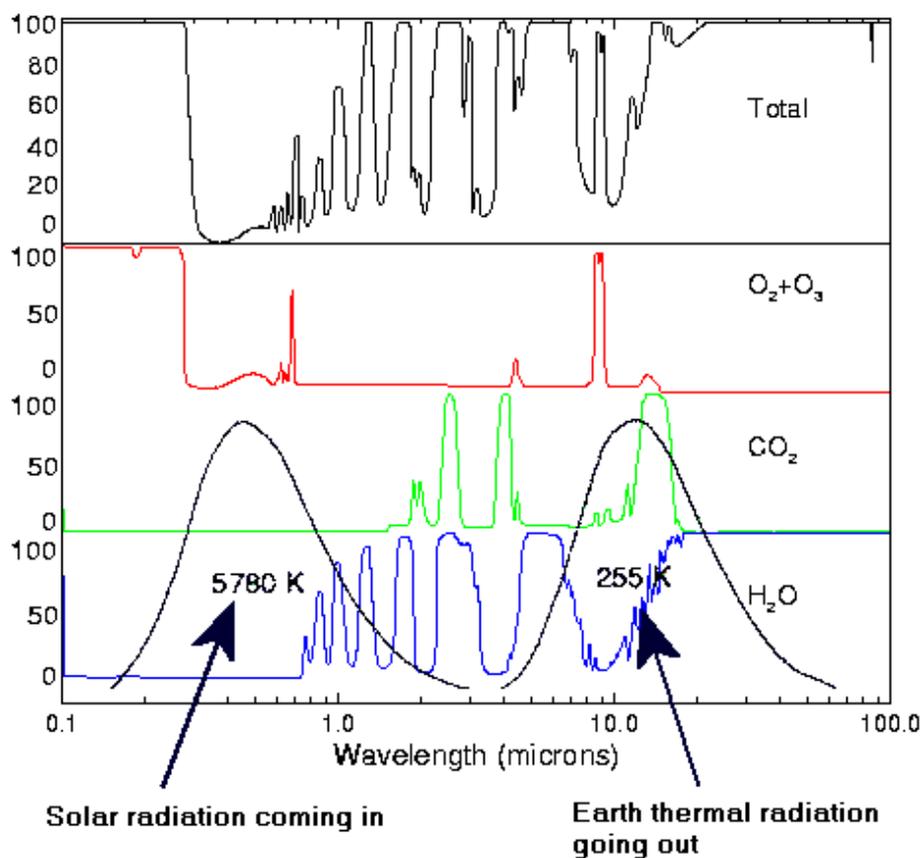


Fig. 11 – Espectro de absorção dos gases na atmosfera com picos

Pense e responda:

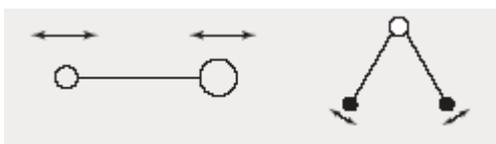
1. Existe alguma faixa de comprimentos de onda por onde a radiação emitida pela Terra pode escapar para o espaço?

Texto: Gases estufa

Adaptado de: Tolentino, M. e Rocha-Filho, R.C, A química no efeito estufa, QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Nº 8, NOVEMBRO 1998

A atmosfera terrestre é uma mistura de gases, com predominância de nitrogênio (78%) e oxigênio (21%), gases que não absorvem radiação infravermelha. Outros gases, presentes na atmosfera, por sua natureza química, principalmente estrutura molecular, absorvem uma fração significativa da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Essa absorção implica um aumento nos movimentos vibracionais e rotacionais das moléculas.

O infravermelho corresponde à radiação eletromagnética de comprimentos de onda entre 100 mm e 1 mm (3×10^{12} Hz e 3×10^{14} Hz). Essa radiação interage com moléculas, mudando sua configuração, especialmente por meio de vibrações dos átomos em ligações intramoleculares, tais como:



Esses gases, por sua vez, também passam a irradiar no infravermelho. Essa radiação se espalha em várias direções, inclusive retornando à superfície, que se mantém mais quente do que seria na ausência da atmosfera.

A retenção de energia pelos *gases estufa* decorre de um mecanismo, físico-químico, bem diferente daquele que ocorre nas estufas agrícolas. Grande parte do efeito estufa natural se deve à presença da água na atmosfera: vapor d'água (85%) e gotículas de água líquida (12 %). Outros gases-estufa são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os clorofluorcarbonetos (CFCs) e os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs). O aumento do teor desses gases na atmosfera em decorrência de atividades humanas pode causar uma exacerbação do efeito estufa e, conseqüentemente, um aquecimento global do planeta.

ATIVIDADE FINAL:

1. Faça uma discussão com o grupo sobre o que vocês acharam de mais importante nas atividades que desenvolvemos para entender o fenômeno do aquecimento global. Escrevam uma síntese dessa discussão.
2. Retome o que você escreveu, na primeira aula, sobre aquecimento global e efeito estufa.
 - a) Identifique no seu texto lacunas, problemas conceituais e os argumentos utilizados por você naquela ocasião.
 - b) Registre seus comentários críticos ao texto.
3. Retome o texto jornalístico que você selecionou na atividade de abertura. Leia e posicione-se frente a ela. Escreva uma carta para o editor da revista ou jornal manifestando sua posição frente ao tema da reportagem e ao modo como foi tratado.

3 – PARA SABER MAIS

Selecionamos alguns artigos que consideramos de maior importância para a compreensão dos aspectos mais significativos da abordagem com ensino CTSA/QSC, bem como, para entender o referencial teórico usado para o desenvolvimento das sequências de ensino nessa linha de trabalho.

1) AULER, Décio. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência e Ensino**, v. 1, 2007. Edição especial. Disponível em:

<<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/147/109>>. Acesso em: 12 jul. 2014.

2) AIKENHEAD, G. S. What is STS Science teaching. In: Chapter 5 in J. Solomon & G. Aikenhead. **STS Education: International Perspectives on Reform**. Teachers College Press, New York, 1994

3) PÉREZ, Leonardo Fabio Martínez; CARVALHO, Washington Luiz Pacheco de. Contribuições e Dificuldades da Abordagem de Questões Sociocientíficas na Prática de Professores de Ciências. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, maio de 2012.

4) SADLER, T. D.; MURAKAMI, C.D. Socio-Scientific Issues Based Teaching and Learning: Hydrofracturing as an Illustrative Context Of A Framework For Implementation and Research. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 14, N. 2, p. 331-342, abr. 2014.

5) SANTOS, Wilson Luiz Pereira. Contextualização no Ensino de Ciências por Meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica. **Ciência e Ensino**, v.1, novembro de 2007. Edição especial.

6) SANTOS, Wilson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. 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, dezembro de 2002.

7) ZEIDLER, Dana L.; SADLER, Troy D.; SIMMONS, L. Michael; HOWES, Elaine V. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education. **Wiley InterScience**, 23 march 2005.