

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GLAUCO TRINDADE-CALZADO

**ENFOQUE CTS NO ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA INTEGRADO:
POSSIBILIDADES DO USO DA TEMÁTICA IMPACTO AMBIENTAL DA
ATIVIDADE INDUSTRIAL NA DISCIPLINA DE ANÁLISE AMBIENTAL**

CURITIBA

2016

GLAUCO TRINDADE-CALZADO

ENFOQUE CTS NO ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA INTEGRADO:
POSSIBILIDADES DO USO DA TEMÁTICA IMPACTO AMBIENTAL DA
ATIVIDADE INDUSTRIAL NA DISCIPLINA DE ANÁLISE AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Linha de Pesquisa Educação em Ciências, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientadora: Prof^a Dr^a Orliney M. Guimarães

CURITIBA

2016

Trindade-Calzado, Glauco

Enfoque CTS no ensino técnico em química integrado: possibilidades do uso da temática impacto ambiental da atividade industrial na disciplina de análise ambiental / Glauco Trindade-Calzado. – Curitiba, 2016.

269 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientadora: Orliney M. Guimarães

Bibliografia: p. 115-120

1. Ensino técnico. 2. Ensino profissional. 3. Indústria – Impacto ambiental. I. Guimarães, Orliney M. II. Título.

CDD 373.246



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA

PARECER

Defesa de Dissertação de **GLAUCO TRINDADE CALZADO**, intitulada **“ENFOQUE CTS NO ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA INTEGRADO: POSSIBILIDADES DO USO DA TEMÁTICA IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL NA DISCIPLINA DE ANÁLISE AMBIENTAL”**, para obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

De acordo com o Protocolo aprovado pelo Colegiado do Programa, a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados arguiu, nesta data, o candidato acima citado. Procedida à arguição, a Banca Examinadora é de Parecer que o candidato está **apto ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA**, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
Prof. ^a Dr. ^a Orliney Maciel Guimarães (orientadora)		Aprovado
Prof. Dr. Marcelo Lambach		Aprovado
Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves		APROVADO

Curitiba, 26 de Agosto de 2016.

Prof. Dr. Emerson Rolkouski
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Educação em Ciências e em Matemática



Do fundo do coração peço perdão às minhas queridas Izabel e Clara, a elas dedico o presente trabalho e agradeço pelo amor e dedicação incondicionais.

Na trajetória aprendi que o rigor com o qual assumi a tarefa lhes implicou imensa dor, dada a ausência sem medida que lhes impus.

AGRADECIMENTOS

Por todo o apoio, caminhando como vão as coisas, quiça possa eu vir a ser chamado de doutor, à minha Mãe, doutora em História.

Pelas contribuições e revisões, as que deram tempo de fazer, ao ilustre revisor, meu Pai. O problemas remanescentes são de minha responsabilidade.

Aos grandes e verdadeiros amigos, também parte da família, a gratidão pela permanência da amizade, visto que sobreviveu à minha ausência no decorrer deste trabalho.

À Susi, o anjo da guarda de nossa família.

Àquelas e àqueles que compreendem *na pele* o caminho trilhado, minhas colegas de orientação, Hanslivian e Tatiane, ao Celso e demais colegas da turma de 2014. Olhar para o feito sem minar os olhos...? Improvável.

Ao colega Silvaney por seu prestimoso auxílio.

À professora, doutora, orientadora, paciente, Orliney Maciel Guimarães sem a qual este trabalho não seria viável. Agradeço e desejo garra na continuidade de sua carreira.

Às professoras e professores do PPGECM, minha gratidão e a prece de que a grandeza e o brilho de vossa força suplante a força daqueles que não partilham ou não acreditam na nobreza do vosso propósito. O trabalho de vocês é para a eternidade.

Aos professores das bancas, de qualificação e defesa, João Amadeus e Marcelo Lambach, agradeço pelas orientações e sinto caso não as tenha atendido à altura.

Aos atores invisíveis e indispensáveis, também a gratidão por suas importantes contribuições. À Antonyhella, secretária do PPGECM, à equipe da biblioteca, em especial do Setor de Ciências Humanas da UFPR. Ao pessoal do *le RU*, importante Restaurante Universitário, pelas revigorantes refeições e o carinho dos sofridos funcionários, da casa e terceirizados.

Para registro, em 2016 vivemos um Golpe de Estado no Brasil.

RESUMO

Ao considerar que o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no ensino de Ciências tem potencial para contribuir com a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) do estudante e pressupondo que o Curso Técnico em Química formará um profissional envolvido com a atividade industrial, cuja atuação potencialmente poderá impactar o ambiente natural, defendemos que é fundamental ao futuro profissional ter consciência de tal relação, suas consequências e a partir disso atuar no sentido de evitar ou minimizar os possíveis impactos decorrentes da profissão. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em analisar as possibilidades do enfoque CTS a partir da temática “Impacto Ambiental da Atividade Industrial” (IAAI), no âmbito da disciplina de Análise Ambiental de um Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio. Para tanto foram delineados os seguintes objetivos específicos: a) interpretar e discutir os pressupostos teóricos que fundamentam a construção de propostas curriculares com enfoque CTS; b) elaborar, desenvolver e analisar uma Unidade Didática (UD) com enfoque CTS a partir da temática IAAI; c) verificar em que dimensão existe possibilidade desta proposta contribuir com a ACT dos estudantes da disciplina de Análise Ambiental no quarto ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio de um colégio público da Rede Estadual no município de Curitiba-PR e; d) discutir aspectos do currículo da disciplina de Análise Ambiental do referido Curso Técnico identificando limitações e possibilidades deste em relação à sua aproximação com propostas de ensino com enfoque CTS. Na fundamentação teórica referente ao ensino de ciências com enfoque CTS foram consideradas principalmente as contribuições de Aikenhead (1994); Auler; Delizoicov (2006) e Santos; Mortimer (2002), enquanto que na Alfabetização Científica e Tecnológica nos apoiamos nos trabalhos de Shen (1975) e Bochecho (2011), a partir dos quais foram estruturados quatro parâmetros de Alfabetização Científica (AC) e três parâmetros de Alfabetização Tecnológica (AT), sendo eles: ACPrática; ACCívica; ACCultural; ACProfissional; ATPrática; ATCívica e ATCultural, os quais se espera que estejam contemplados no desenvolvimento de uma proposta de ensino com enfoque CTS. Os participantes da pesquisa foram sete alunos e o professor do quarto ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio de um colégio público da Rede Estadual no município de Curitiba-PR. Como instrumento de constituição dos dados desta pesquisa contamos com a UD composta por dez aulas, cada uma delas trazendo um tema, estes por sua vez estruturados entorno da temática IAAI. As fontes de informação foram os diários de bordo dos alunos, os diários de bordo do professor e questionários, final e de avaliação, respondidos pelos alunos. A análise dos dados foi realizada a partir da metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD) proposta por Moraes e Galiazzi (2006). O trabalho de análise do *corpus* desta pesquisa possibilitou identificar no discurso dos estudantes expressões que vão ao encontro dos parâmetros de alfabetização científica e tecnológica, demonstrando que o ensino de Análise Ambiental com enfoque CTS a partir de uma temática permite contribuir com a ACT dos estudantes.

Palavras-chave: enfoque CTS; ACT; Impacto Ambiental da Atividade Industrial; currículo; Educação Profissional

ABSTRACT

Considering that the Science-Technology-Society (STS) approach in science education has the potential to contribute to the Scientific and Technological Literacy (STL) of the student and assuming the Chemistry Technical Course will form a professional engaged in industrial activity, which actions could potentially impact the natural environment, we advocate that is critical to the future professional to be aware of this relationship and its consequences. In this context, the objective of this study is to analyze the possibilities of the STS approach from the theme "Environmental Impact of Industrial Activity" (EIIA), under the Environmental Analysis discipline of the Technical Course in Chemistry Integrated to high school. Therefore the following specific objectives were outlined: a) interpret and discuss the theoretical assumptions that underlie the construction of curriculum proposals with STS approach; b) design, develop and analyze a Didactic Unit (DU) with a STS approach from the theme EIIA; c) examine the possibilities of this proposal contribute to the STL of students of the Environmental Analysis discipline in the fourth year of the Technical Course in Chemistry Integrated to high school in a public school of the State Educational Network in Curitiba-PR; d) discuss aspects of the curriculum of the Environmental Analysis course of that Technical Course identifying limitations and possibilities of this in relation to its approach to teaching proposals with STS approach. In the theoretical framework concerning the teaching of science with STS approach were considered the contributions of Aikenhead (1994); Auler; Delizoicov (2006) and Santos; Mortimer (2002) while in Scientific and Technological Literacy we get the support of Shen (1975) works and Bocheco (2011), from which were structured four parameters of Scientific Literacy (SL) and three parameters for Technological Literacy (TL) who are: PraticalSL; CivicSL; CulturalSL; ProfessionalSL; PraticalTL; CivicTL and CulturalTL, which are expected to be included in the development of a teaching proposal with STS approach. The participants of the research were seven students and the teacher of the fourth year of the Technical Course in Chemistry Integrated to high school in a public school of the State Educational Network in Curitiba-PR. As the data constitution instrument to this research we count on the DU which consists of ten lessons, each bringing a different theme structured around the theme EIIA. The sources of information were the logbooks of students, logbooks of the teacher and quizzes, final and evaluation, answered by the students. Data analysis was conducted using the methodology of Discursive Textual Analysis (DTA) proposed by Moraes and Galiazzi (2006). The corpus of the research enabled us to identify in the discourse of students expressions that meet the scientific and technological literacy parameters, demonstrating that the Environmental Analysis teaching with STS focus from a subject allows contribute to the students STL.

Keywords: STS approach; STL; environmental impact of industrial activity; curriculum; Professional education

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	– American Association for the Advancement of Science
AC	– Alfabetização Científica
ACS	– American Chemistry Society
ACT	– Alfabetização Científica e Tecnológica
AIE	– Aparelho Ideológico do Estado
AT	– Alfabetização Tecnológica
BNC	– Base Nacional Comum
BSCS	– Biological Sciences Curriculum Study
CBA	– Chemical Bond Approach
CLT	– Consolidação das Leis do Trabalho
CT	– Ciência & Tecnologia
CTS	– Ciência, Tecnologia e Sociedade
DEP	– Diretrizes da Educação Profissional
ECTS	– Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade
ETA	– Estações de Tratamento de Água
IAAI	– Impacto Ambiental da Atividade Industrial
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDB	– Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MEC	– Ministério da Educação do Brasil
OMS	– Organização Mundial da Saúde
PCT	– Política Científica e Tecnológica
PSSC	– Physical Science Study Committee
SAPA	– Science: A Process Approach
SATIS	– Science And Technology In Society
SCIS	– Science Curriculum Improvement Study
SEED-PR	– Secretaria de Estado da Educação do Paraná
SISCON	– Science-In-a-Social-CONtext
SMSG	– School Mathematics Study Group
UD	– Unidade Didática
USAID	– United States of América Agency for International Denvelopment

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	– TRABALHOS NO ÂMBITO DO INÍCIO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL.....	30
QUADRO 2	– CATEGORIAS DE ENSINO CTS.....	33
QUADRO 3	– SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA TOMADA DE DECISÃO.....	37
QUADRO 4	– EMENTA DA DISCIPLINA DE ANÁLISE AMBIENTAL.....	59
QUADRO 5	– COMPOSIÇÃO DO CORPUS DA PESQUISA.....	69
QUADRO 6	– PARÂMETROS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	71
QUADRO 7	– PARÂMETROS DE ALFABETIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	72
QUADRO 8	– RELAÇÃO DE AULAS, CONTEÚDOS ESPECÍFICOS E RESPECTIVOS TEMAS.....	76
QUADRO 9	– RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE AC E AT E ASPECTOS DA TEMÁTICA IAAI.....	78
QUADRO 10	– FONTE DOS RELATOS E RESPECTIVA DISTRIBUIÇÃO NAS CATEGORIAS.....	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– UMA SEQUÊNCIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS CTS.....	34
----------	--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO I – RELAÇÕES CTS: DO MOVIMENTO ÀS REPERCUSSÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	16
1.1 Localização histórica das origens do Movimento CTS.....	16
1.1.1 Reflexos do Movimento CTS no ensino de ciências estadunidense.....	20
1.1.2 Repercussões do Movimento CTS e a tradição europeia.....	22
1.1.3 Origens da tradição latino americana de educação CTS.....	25
1.2 Bases históricas do ensino de ciências e do enfoque CTS no contexto brasileiro.....	28
1.3 Possibilidades estruturais para o ensino de ciências com enfoque CTS.....	31
1.4 Objetivos da educação CTS e a Alfabetização Científica e Tecnológica.....	36
1.5 Parâmetros para Alfabetização Científica e Tecnológica.....	38
CAPÍTULO II – EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL: BREVE HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS CENTRAIS E ENFRENTAMENTOS.....	42
2.1 Características da Educação Profissional brasileira.....	43
2.1.1 Contexto legal vigente.....	46
2.1.2 Aspectos do Ensino Técnico em Química: Brasil e Paraná.....	48
2.1.3 Enfrentamentos necessários para uma formação mais crítica.....	54
2.1.4 Aspectos sociais no âmbito da formação profissional.....	57
2.2 A temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial.....	61
2.2.1 A temática IAAI no âmbito da indústria e da formação profissional.....	62
CAPÍTULO III – CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	65
3.1 O ambiente da pesquisa: a escola e os sujeitos.....	65
3.2 Natureza e metodologia da pesquisa.....	66
3.3 O instrumento de pesquisa e a constituição dos dados.....	67
3.4 Estudo de Análise Ambiental a partir da temática IAAI.....	70

3.5	Metodologia da análise: a Análise Textual Discursiva.....	72
CAPÍTULO IV – POSSIBILIDADES DO ENFOQUE CTS UTILIZANDO A TEMÁTICA “IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL”		75
4.1	Percurso de produção da Unidade Didática.....	75
4.2	A Unidade Didática na prática: os dez temas.....	78
4.2.1	Tema 1 – <i>A doença de Minamata e o desastre de Bhopal</i>	78
4.2.2	Tema 2 – <i>Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências</i>	80
4.2.3	Tema 3 – <i>Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana</i>	81
4.2.4	Tema 4 – <i>'A Grande Farsa do Aquecimento Global'</i>	82
4.2.5	Tema 5 – <i>Águas comerciais e águas de redes de abastecimento</i>	84
4.2.6	Tema 6 – <i>Contaminantes em águas consumidas pela população</i>	85
4.2.7	Tema 7 – <i>Tratando nossos esgotos</i>	87
4.2.8	Tema 8 – <i>Tratamentos de água e as alternativas possíveis</i>	88
4.2.9	Tema 9 – <i>Ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente</i>	89
4.2.10	Tema 10 – <i>Analisando e filosofando sobre a tecnologia</i>	91
4.3	Considerações preliminares da pesquisa.....	93
4.4	Categorias <i>a priori</i> e as possibilidades da UD.....	95
4.4.1	Alfabetização Científica Prática.....	95
4.4.2	Alfabetização Científica Cívica.....	97
4.4.3	Alfabetização Científica Cultural.....	99
4.4.4	Alfabetização Científica Profissional ou Econômica.....	101
4.4.5	Alfabetização Tecnológica Prática.....	102
4.4.6	Alfabetização Tecnológica Cívica.....	104
4.4.7	Alfabetização Tecnológica Cultural.....	106
4.5	O interesse dos estudantes pela metodologia.....	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		110

REFERÊNCIAS..... 115

APÊNDICES..... 121

INTRODUÇÃO

O presente trabalho acadêmico foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática (PPGECM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), na Linha de Pesquisa de Educação em Ciências¹.

A pesquisa em questão teve seus traços delineados a partir de dois fatores principais e determinantes. De um lado, o profundo interesse deste pesquisador pela discussão de temas enfocando Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); de outro, a preocupação em concretizar um processo de ensino capaz de contribuir significativamente com o desenvolvimento do estudante cidadão como ser humano. Essa abordagem, na aproximação com o referido Programa de Pós-Graduação e no seu decurso, é definida melhor aqui como Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT).

Some-se a isso o oportuno fato da atuação deste pesquisador no Curso Técnico em Química do Colégio Estadual Professor Loureiro Fernandes, da Rede Estadual de Ensino do Paraná, em Curitiba. Some-se também a matriz curricular do Curso, em que consta o trabalho com a disciplina de Análise Ambiental, na qual foi possível identificar terreno profícuo para as discussões envolvendo as bases componentes do enfoque CTS para o ensino de ciências. Visando contemplar os interesses específicos do Curso, cujo foco é a Produção Industrial, foi estabelecido o trabalho com a temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial (IAAI).

Em função do exposto, foi delineada como problema central de pesquisa a investigação sobre: *quais as possibilidades do uso do enfoque CTS no ensino Técnico em Química a partir da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial?*

Por pressupor que o estudante egresso do Curso Técnico em Química será

1 Chama-se a atenção desde já para o fato da existência, neste Programa de Mestrado, na mesma linha de pesquisa, do trabalho de Silvaney de Oliveira, disponível em: <<http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/dissertacoes/>>, que trata do ensino de química com enfoque CTS a partir da temática Qualidade do Ar Interior, voltada ao Ensino Médio, desenvolvida sob a metodologia dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2011). O trabalho que aqui é apresentado se aproxima do citado por adotar uma temática para desenvolver o ensino de ciências sob a perspectiva do enfoque CTS e investigar as possibilidades de contribuição com a ACT do estudante nesse processo. Por outro lado, a presente pesquisa abrange o âmbito do Ensino Médio Integrado à Educação Profissional e direcionou uma atenção especial para uma discussão sobre o currículo do Curso Técnico em Química e sua relação com os aspectos da CTS.

um profissional eventualmente envolvido com a atividade industrial cuja natureza, potencialmente, poderá implicar impacto ao ambiente natural e à sociedade, considera-se fundamental uma formação cujo enfoque contemple discussões voltadas ao amadurecimento da consciência sobre tal realidade e suas consequências. Nesse aspecto, o enfoque CTS poderá colaborar com a construção de tal consciência e possivelmente contribuirá com a ACT do futuro profissional, caso ele seja alcançado por um processo de formação mais crítico, responsável, comprometido com uma formação cidadã e comporte uma perspectiva holística a orientar a natureza da atuação profissional no contexto das consequências das atividades humanas.

Nesse sentido, um dos objetivos deste trabalho consistiu em analisar as possibilidades do enfoque CTS no Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, utilizando a temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial, no âmbito da disciplina de Análise Ambiental. Para tanto, delineararam-se os seguintes objetivos específicos: a) interpretar e discutir os pressupostos teóricos que fundamentam a construção de propostas educacionais com Enfoque CTS; b) elaborar, desenvolver e analisar quais as possibilidades de uma Unidade Didática (UD) para o Curso Técnico em Química junto aos estudantes do quarto ano do Ensino Médio Integrado de um colégio público da Educação Básica por meio de um enfoque CTS, com a temática IAAI; c) verificar em que dimensão existe possibilidade de o enfoque CTS no Curso Técnico em Química, a partir da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial, contribuir com a Alfabetização Científica e Tecnológica dos estudantes e; d) discutir aspectos do currículo da disciplina de Análise Ambiental do referido Curso Técnico identificando limitações e possibilidades deste em relação à sua aproximação com propostas de ensino com enfoque CTS.

No intuito de atingir tais objetivos, organizou-se a estrutura deste trabalho da maneira exposta a seguir. No primeiro capítulo, denominado **Relações CTS: do Movimento às repercussões no ensino de ciências**, é situado o contexto histórico no qual se originou o Movimento CTS, a forma como as ideias ali defendidas permearam o âmbito do ensino de ciências, repercutindo de forma a inaugurar tradições, tais como a norte-americana e a europeia do ensino de ciências. São apresentadas características do ensino de ciências no Brasil e seu contexto histórico, discutindo-se como o enfoque CTS encontra possibilidades curriculares, analisando posteriormente modalidades estruturais possíveis para currículos de

ensino de ciências com enfoque CTS. Para finalizar este primeiro capítulo, foram discutidos os objetivos da educação CTS e apresentados parâmetros para a Alfabetização Científica e para a Alfabetização Tecnológica.

No segundo capítulo, denominado **Educação Profissional no Brasil: características centrais e enfrentamentos**, é apresentada uma perspectiva do ensino de ciências no contexto do ensino técnico profissional e as características próprias do Curso Técnico em Química no qual foi desenvolvida parte deste trabalho de pesquisa, encerrando com a abordagem sobre a relevância do trabalho com a temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial e suas possibilidades de conferir protagonismo ao estudante em sua aprendizagem e conferir maior significado a tal caminhada.

No terceiro capítulo, intitulado **Caminhos Metodológicos da Pesquisa**, estão expostas as características do percurso metodológico traçado durante o desenvolvimento deste trabalho. Ele contém detalhes sobre o ambiente de desenvolvimento da pesquisa, aspectos da natureza e metodologia desta pesquisa, uma perspectiva sobre como se deu a construção da Unidade Didática e, finalizando, um esclarecimento dos aspectos de interesse quanto ao estudo de Análise Ambiental a partir da temática IAAI.

Por fim, o último capítulo, **Possibilidades da temática “Impacto Ambiental da Atividade Industrial” utilizando o enfoque CTS**, apresenta a forma como se deu na prática o desenvolvimento das aulas componentes da UD, congregando as análises dos materiais resultantes do trabalho com os instrumentos de pesquisa, além das discussões estimuladas pela interpretação de seus respectivos conteúdos, a partir de um grupo de categorias de análise *a priori*, adotando a metodologia da Análise Textual Discursiva.

Concluimos tecendo **Considerações Finais** a respeito de realidade enfrentada durante o desenvolvimento da pesquisa, os fatores que nos permitem defender sua validade e relevância e os significados mais importantes aos quais pudemos chegar a partir dos resultados alcançados com este trabalho de pesquisa, considerando ainda aos objetivos desta e as expectativas inicialmente delineadas.

CAPÍTULO I – RELAÇÕES CTS: DO MOVIMENTO ÀS REPERCUSSÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Neste capítulo, analisa-se o contexto no qual surge mundialmente o Movimento CTS, traçando-se um panorama sobre suas características mais importantes, incluindo aquelas que possibilitaram a tal Movimento originar distintas tradições de ensino de ciências, implementando de maneira geral suas ideias centrais, as quais defendiam uma:

[...] contraposição ao pressuposto cientificista, que valorizava a ciência por si mesmo, depositando uma crença cega em seus resultados positivos. A ciência era vista como uma atividade neutra, de domínio exclusivo de um grupo de especialistas, que trabalhava desinteressadamente e com autonomia na busca de um conhecimento universal, cujas conseqüências ou usos inadequados não eram de sua responsabilidade (SANTOS; MORTIMER, 2001, p. 96).

No intuito de contribuir para uma melhor apropriação da complexidade inerente às implicações, imbricações e inter-relações existentes entre **Ciência**, **Tecnologia** e **Sociedade** e as dimensões do Movimento que passou a discuti-las, é importante uma localização histórica e geográfica da conjuntura em que são despertadas tais discussões. Assim, é possível que passe a ficar mais clara a visão do leitor a respeito de que repercussões e interferências as variáveis CTS alcançaram no ensino de ciências.

1.1 LOCALIZAÇÃO HISTÓRICA DAS ORIGENS DO MOVIMENTO CTS

Um recorte temporal permite apontar como marco zero do presente enfoque a década de 1950; e a localização geográfica, o território estadunidense. A partir desses dados, é proposta uma análise do contexto social da época.

Poucos anos após o término da Segunda Guerra Mundial (1939–1945), os Estados Unidos prosperavam com uma economia pautada em altos índices de industrialização e massivo estímulo ao consumo. A sociedade estadunidense se estruturava em famílias grandes, empreendedorismo, elevado empenho no trabalho, política de incentivo ao consumo e intenso desenvolvimento tecnológico. Um modelo icônico sintonizado com o ideal do *sonho (norte-)americano*, pensamento arraigado

na sociedade, é estruturado “na crença de que os Estados Unidos são inerentemente a terra da oportunidade (...) em que qualquer um pode galgar posições sociais e até mesmo se tornar o presidente da nação; o lugar em que o sucesso é um direito” (RAMOS, 2001, p.129).

Era esse o contexto ideológico daquela sociedade na qual as reestruturações econômica, social e política do Pós-guerra eram construídas, trazendo como um dos legados da Segunda Guerra Mundial a polarização mundial entre estadunidenses, que buscavam construir um controle hegemônico mundo afora, e russos, que principiavam sua organização entorno da União Soviética. Essa se tornaria uma longa disputa de espaço e poder econômicos e políticos, com visões sobre quem deteria a melhor proposta para o desenvolvimento de suas respectivas sociedades, a estruturação de seus governos, a prosperidade de suas economias, bem como para o avanço na educação, no desenvolvimento científico, na produção tecnológica, entre outros aspectos (BIAGI, 2001; FINO, 2001), e quais seriam os líderes capazes de garantir tais conquistas para os que os seguissem.

O projeto de sociedade se mostrava ilusoriamente muito bom e capaz de entregar o *pacote* completo que prometia. A sociedade dispunha do conforto desejado e sentia segurança no modelo hegemonicamente defendido, segundo o qual, o desenvolvimento científico (**DC**) seria plenamente capaz de promover o desenvolvimento tecnológico (**DT**), supostamente necessário ao desenvolvimento econômico (**DE**), que possibilitaria garantir conforto, modernidade, segurança, padrões elevados de consumo, prosperidade financeira e, por consequência, levaria ao esperado desenvolvimento social (**DS**) dos estadunidenses. Tal projeto é hoje classificado por muitos estudiosos como modelo linear ou tradicional de progresso social e pode ser resumido pela equação **DC** → **DT** → **DE** = **DS** (AULER, 2007; AULER; BAZZO, 2001; AULER; DELIZOICOV, 2001, 2006a; AULER *et al.*, 2005; VAZ *et al.*, 2009).

A crença no progresso alcançado por esse mecanismo *automático* justificava, sem que houvesse debates, os vultosos investimentos do governo estadunidense em determinadas áreas do desenvolvimento científico e tecnológico, como no caso da ciência e tecnologia militar. Esses investimentos eram esperados e tidos como bem-vindos pela parcela menos crítica da sociedade, ainda que viessem em detrimento de demandas mais emergentes ou desencontrados das necessidades sociais da população. Os especialistas da ciência, em muitos casos, eram colocados

na posição de ilustres detentores de soluções salvadoras, sendo atribuída à tecnologia a virtude de promover desenvolvimento de forma constante, em uma lógica segundo a qual, se existisse desenvolvimento científico, obviamente existiria o tecnológico, uma vez que se concebia a tecnologia como pura aplicação da ciência.

Tal conjuntura permitiu a crença em mitos, os quais de certa forma estão bastante presentes no pensamento atual, e endossam o conceito de que o investimento em ciência permite à sociedade alcançar seu desenvolvimento tecnológico e assim conquistar tudo isto: a riqueza da nação; altos padrões de conforto e segurança; o desenvolvimento industrial; a modernização e avanço da medicina; a produção de riquezas; a descoberta dos mistérios da natureza e sua aplicação nos interesses do homem. É uma maravilha social toda amparada pela garantia de que os governantes, com seus especialistas, se dedicarão a cuidar da sociedade, e qualquer problema se resumirá apenas em uma questão de mais **DT** para que se descubra qual a tecnologia mais adequada para que tudo seja plenamente solucionado (AULER, 2003; AULER, 2007; AULER; DELIZOICOV, 2001, 2006a; 2006b; SANTOS, 2007). Tal ambiente se mostrava ideal para a cristalização do “mito original” (AULER; DELIZOICOV, 2001, p.2), estabelecido na crença da neutralidade científico-tecnológica. O panorama exposto, caso factível, poderia se concretizar em um sonho de consumo para qualquer sociedade. Ocorreu, no entanto, que o *sonho (norte-)americano* passou a mostrar fragilidade e incompatibilidade com as variáveis necessárias para a constituição de uma sociedade perfeita (VAZ, 2009).

Com o inédito lançamento de um artefato tecnológico aeroespacial pela União Soviética, o foguete *Sputnik*, em 4 de outubro de 1957, a sociedade estadunidense ficou abalada, uma vez que disputava contra os russos a corrida espacial, cujos esforços científico-tecnológicos originariam a *guerra fria* (BIAGI, 2001; FINO, 2001). O *efeito Sputnik* causou grande impacto por ter lançado dúvidas sobre a capacidade científica estadunidense, despertou questionamentos da sociedade quanto ao modelo de desenvolvimento defendido pelos governantes e parte da comunidade científica que, por princípio, eram os responsáveis por garantir o progresso da sociedade. A supremacia soviética, ainda em 1957, se consolidou com o primeiro ser vivo em órbita no Planeta, a cadela russa Laika, e, em 12 de abril de 1961, com a viagem do cosmonauta russo Yuri Gagarin, o primeiro ser humano a orbitar a Terra.

Acirrando os questionamentos críticos e acentuando a desconfiança quanto

ao modelo de sociedade posto à época, em 1962 era lançado o livro *Primavera Silenciosa*, da estadunidense e bióloga marinha Rachel Carson, uma espécie de dossiê sobre o uso indiscriminado de agrotóxicos e as suas consequências sobre o ser humano e o ambiente natural, com dados e críticas ao modelo de gerenciamento ambiental. Denunciava ainda as ligações entre programas de governo e interesses das indústrias produtoras de agroquímicos. No mesmo ano de 1962, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, do físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, alcançou enorme repercussão na comunidade científica ao apresentar uma contundente crítica à forma como se dá a construção do conhecimento científico, com um agravante, o fato de tal crítica surgir de um membro das mais ilustres instituições daquela comunidade científica, as universidades de Harvard e Berkeley (AULER; BAZZO, 2001; LINSINGEN, 2002, 2007; BIRD, 2013).

Esses elementos consolidaram as bases de uma análise crítica sobre a sociedade estadunidense, lançando dúvidas quanto ao modelo linear de desenvolvimento. Uniram forças com os movimentos de Contracultura², vindo a se somar ao estaremundo mundial frente aos efeitos do uso da tecnologia e do conhecimento científico com propósitos questionáveis, tais como: o uso de agrotóxicos denunciados por Rachel Carson; os efeitos das armas de guerra, como as bombas atômicas lançadas sobre o Japão, a truculência estadunidense da guerra contra o Vietnã.

A partir das décadas de 1960 e 1970, a sociedade se organizou em torno do que passou a ser denominado Movimento CTS. Entre suas características incluem-se uma postura de discussões e questionamentos acerca do que se trata e como se constitui a ciência (**C**) e a produção do conhecimento científico; a preocupação de como se desenvolve a tecnologia (**T**) e que consequências podem decorrer do seu emprego; qual a parcela de participação e poder de decisão da sociedade (**S**) nesse campo e quais consequências recaem sobre ela em sua relação com as duas primeiras; enfim, discussões acerca das implicações e inter-relações entre **CTS**.

2 Em Cardoso (2005) contamos com uma abordagem que pode delinear melhor as características dos movimentos norte-americanos da década de 1960, entre os quais os da Contracultura, que apresentavam uma “transgressão de padrões de valores estabelecidos. Transgressão não no sentido de uma pura negatividade, ou de uma negação absoluta dos limites estabelecidos, mas de um movimento que os atravessa afirmando novos limites” (p.94). Eram movimentos com propósitos e valores não totalmente homogêneos, porém com a singularidade de terem “questões comuns e ter um perfil jovem (...) direcionaram suas formas de expressão para a política, as artes (...), a educação, as relações intersubjetivas (...) e para o cotidiano como contestação aos efeitos produzidos pela sociedade industrial avançada” (p.98).

Esse Movimento se propôs a discutir a existência de intensa e indissociável imbricação entre as componentes CTS, buscando meios para questionar governos, indústrias, mercados, instituições oficiais, entre outras instâncias, quanto aos reais interesses considerados nos processos de tomadas de decisões, seus efeitos, sobretudo no uso da tecnologia, cujos resultados possam atingir a sociedade, o que legitima uma exigência de participação da sociedade em tal processo e uma cobrança para que ela seja ouvida (AULER; BAZZO, 2001).

Discussões de tal ordem de complexidade demandavam o desenvolvimento de estudos aprofundados à altura de suas dimensões para que fosse possível a formação de uma sociedade capaz de refletir sobre os contextos científico e tecnológico ali presentes, para que assim pudessem alcançar adequado nível de compreensão sobre as questões do trinômio CTS. Seguindo tal caminho analítico, procura-se expor no próximo subtópico alguns contornos que tratam sobre como as ideias do Movimento CTS vieram a repercutir no ensino de ciências.

1.1.1 Reflexos do Movimento CTS no ensino de ciências estadunidense

A dinâmica do Movimento CTS anteriormente exposta, em que se contestavam os efeitos e consequências desastrosas do modelo linear de desenvolvimento social posto à época, era a defesa de um contraponto no enfrentamento dos sistemas de tomadas de decisões cujos resultados, sobretudo da aplicação da tecnologia, recaíam sobre todos e eram veladamente discutidos por poucos, caracterizando uma relação tecnocrática. Essas ideias críticas vieram a ser incorporadas ao contexto educacional estadunidense, no qual os governantes passaram a discutir e organizar os modelos de currículos vigentes até a década de 1950, motivados principalmente pela constatação de que a fórmula proposta, em especial para o ensino de ciências, não estava sendo capaz de produzir mentes brilhantes e competitivas.

São exemplos de programas de ensino que passaram a ser implementados os “projetos *Physical Science Study Committee – PSSC*, *Chemical Bond Approach – CBA*, *Biological Sciences Curriculum Study – BSCS* e *School Mathematics Study Group – SMSG*, para o nível colegial (*high school*), e dos projetos *Science Curriculum Improvement Study – SCIS* e *Science: A Process Approach – SAPA*” (CRUZ, 2001, p.15), cujos resultados, no entanto, não alcançaram seus objetivos,

principalmente por estabelecerem seus alicerces na supervalorização dos conteúdos científicos e passarem ao largo das discussões levantadas pela sociedade.

Na década de 1970, surgem outras propostas de organização curricular, fortalecidas e ampliadas nas décadas seguintes, incorporando de forma mais significativa as influências dos preceitos defendidos pelo Movimento CTS. Esse fato é evidenciado pelas reformulações curriculares estadunidenses em que as principais metas para o ensino de ciências eram: 1) a necessidade pessoal; 2) a resolução de questões sociais; 3) o auxílio na escolha de uma carreira; 4) a formação de cientistas (CRUZ, 2001).

Sob tais orientações, os exemplos mais importantes do emprego do enfoque CTS no ensino de ciências estadunidense que podem ser citados são os seguintes: *Harvard Project Physics*, entre 1962-1972; *ChemCom*, da *American Chemistry Society – ACS*, em 1987; O *Chautauqua Program*, da *Iowa University*, criado em 1983; *Project 2061*, da *American Association for the Advancement of Science – AAAS*, de 1985, que tinha como objetivo a alfabetização científica de todo o cidadão estadunidense até o ano 2061; O projeto *Scope, Sequence and Coordination*, da *National Science Teachers Association – NSTA*; O projeto *Consumer's Chemistry*, da *Miami University*, iniciado no final da década de 1970 por Carl Snyder (CRUZ, 2001).

Diante do exposto, é possível estabelecer uma linha mestra para o contexto estadunidense do surgimento do Movimento CTS, bem como suas repercussões sobre o ensino de ciências. Tal análise permite posicionar as motivações centrais desse Movimento intimamente relacionadas ao uso e aplicação da tecnologia e seus efeitos sobre a sociedade. Esse posicionamento contradizia o panorama ilustrado pelos defensores do infinito desenvolvimento tecnológico, estabelecido na lógica do modelo linear de progresso. Enfim, emprestando as palavras de Roseline Strieder (2012), o que se deu nos Estados Unidos foi:

[...] uma reação de **caráter mais prático ou social** (apesar de, em muito ter se desenvolvido também nas universidades) que se desenvolveu nos Estados Unidos. Como movimento social, dos quais tomaram parte grupos pacifistas, ativistas dos direitos humanos, associações de consumidores e outros grupos que tinham relação com reivindicações sociais, estavam **preocupados com as consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos** (STRIEDER, 2012, p. 24 – grifo nosso).

Fica assim exposta a origem do Movimento CTS estadunidense, calcado em

uma preocupação mais prática da relação entre o uso da tecnologia e seus efeitos sobre a sociedade, assim como a possibilidade de identificação de uma apropriação daqueles ideais e sua repercussão na inauguração de uma nova Escola do ensino de ciências naquele país. Tal relacionamento entre o Movimento CTS e a área de ensino ocorreu paralelamente em outros cantos do Mundo, como na Europa, e sobre isso procurou-se trazer alguns esclarecimentos no próximo subtópico.

1.1.2 Repercussões do Movimento CTS e a tradição europeia

A sequência desta análise toma por referência o contexto europeu de organização social no mesmo período cronológico do recorte adotado no subtópico anterior. Considerou-se especialmente a Europa Ocidental e seus países centrais, para onde convergiam e se concentravam as mais influentes mentes intelectuais daquele continente. Distribuíam-se entre as principais universidades europeias, constituindo, na década de 1960, uma comunidade intelectual multipolarizada entre França, Reino Unido, Alemanha, Itália, Holanda, além de outros protagonistas.

Essa comunidade de intelectuais europeus das décadas de 1960 e 1970, ao acompanhar os acontecimentos mundiais, passou a perceber que a produção científica era determinada por interesses de certos grupos fechados, implicando tal relação consequências sobre os resultados produzidos. Igualmente se constatava que a aplicação e desenvolvimento da tecnologia não gozava de uma preocupação ética voltada para a defesa dos interesses da sociedade.

Tal realidade desencadeou questionamentos em torno do fato de que quem recebia os resultados das produções em ciência e/ou tecnologia muitas vezes não recebia os melhores resultados. Na maioria dos casos, não eram incluídas as informações necessárias acerca de como lidar com tais produções e seus efeitos ou, principalmente, os dados desses resultados não facultavam à sociedade o poder de participação nos processos de tomadas de decisões envolvendo questões relacionadas ao emprego das produções científicas e tecnológicas.

É nesse contexto que se dá a estruturação do Movimento CTS europeu. Ou seja, ela se dá partir do pensamento de intelectuais e suas críticas ao desenvolvimento e aplicação da ciência e da tecnologia, com as consequências que recaíam sobre a sociedade. Assim, o Movimento CTS na Europa estava pautado “na investigação acadêmica, mais que educativa ou de divulgação, apresentando como

principais conhecimentos formadores de sua base as ciências sociais” (GARCIA, 1996 *apud* COMEGNO, 2007).

Tais críticas foram originadas em especial no ambiente acadêmico, a exemplo da Universidade de Edimburg – Reino Unido. Isso facilitou as discussões em torno das organizações curriculares e da formação de cientistas, que foram estimuladas pela constatação de que um dos caminhos para provocar mudanças na ciência é justamente a ação nessa formação, como defendiam os protagonistas do Movimento CTS europeu. O objetivo era estruturar um caminho que contemplasse uma análise crítica sobre o trabalho do cientista e as possíveis consequências para a humanidade decorrentes de seus resultados (COMEGNO, 2007; VAZ, 2009).

Na década de 1960, a realidade das organizações curriculares europeias não contemplava uma visão CTS, a exemplo do ensino de ciências na Inglaterra, cuja organização era centralizada em grandes projetos, como os iniciados pela *Nuffield Foundation*, sediada em Londres, ignorando aspectos CTS para o ensino dessa matéria. Na década seguinte, o contexto político e social fomentou debates sobre a forma como a ciência era aplicada em questões sociais, o que encorajou a aceitação da ideia de uma discussão de aspectos sociais para seu ensino (RATCLIFFE, 2001).

Consta desse período o primeiro projeto de educação CTS de grande porte. Foi de iniciativa do governo holandês, junto a uma decisão de aplicar um referendo sobre a aplicação de energia nuclear e associada a um programa de educação pública com duração de oito anos, para permitir à população condições de se posicionar frente à questão (RATCLIFFE, 2001).

No mesmo período, no Reino Unido, dois projetos de educação CTS ganharam espaço com importantes repercussões. Protagonizado pelo interesse do físico John Lewis, o projeto *Science in Society* tinha como princípios guias a abordagem da ciência para a ação e para a cidadania. Esse projeto originou mais tarde o *Science And Technology In Society* – SATIS, de 1980, com diferentes versões, sem que, no entanto, superasse a dificuldade da integração curricular, tendo em certa medida assumido um aspecto de enriquecimento curricular com atividades intersticiais.

Por sua vez, o projeto *Science-In-a-Social-CONtext* – SISCON, de 1970, fora protagonizado por Joan Solomon, motivada pelo mesmo anseio de ampliar a gama de oportunidades científicas aos estudantes, com a diferença de abordar o público de escolas londrinas mais abrangentes (RATCLIFFE, 2001).

Sob um panorama mais amplo, é possível caracterizar a relação europeia com o Movimento CTS pelas pesquisas acadêmicas direcionadas ao entendimento dos “antecedentes sociais da mudança científico-tecnológica e [que] trata o desenvolvimento científico e tecnológico como um processo conformado por fatores culturais, políticos e econômicos, além de epistêmicos” (NASCIMENTO; LINSINGEN, 2006, p.98). É algo que define suas origens como mais intimamente relacionadas ao trabalho intelectual de crítica à natureza do conhecimento científico.

Essas características dos estudos CTS na Europa levam diferentes autores a classificarem a Escola europeia como a tradição acadêmica, sendo:

[...] assim denominada porque teve, em sua origem, uma institucionalização de natureza mais acadêmica, na Europa. Como programa acadêmico, composta por cientistas, engenheiros, sociólogos e humanistas, possuía como intenção investigar as influências da sociedade sobre o desenvolvimento científico e tecnológico. Possuía uma ênfase maior na ciência, na explicação da origem e das mudanças das teorias científicas, e, portanto, na ciência como processo (STRIEDER, 2012, p. 24).

As distintas origens retratadas até o momento neste trabalho permitem pontuar duas vertentes de Movimento CTS, as quais originaram duas tradições de estudos CTS, resumidas com propriedade por Walter Bazzo ao escrever que:

Duas tradições distintas, com relação aos estudos CTS, são reconhecidas. Uma delas, a tradição norte-americana, enfatiza mais as consequências sociais, tem um caráter mais prático e valorativo, prioriza uma ênfase maior na tecnologia, e é marcada mais pelas questões éticas e educacionais. A outra linha, a europeia, enfatiza mais os fatores sociais antecedentes, tem um caráter mais teórico e descritivo, prioriza uma ênfase maior na ciência, e é marcada mais pelas questões sociológicas, psicológicas e antropológicas (BAZZO, 2002, p. 93-94).

Essas tradições, mais tarde, passaram a constituir duas Escolas dedicadas ao ensino de ciências, cujas articulações permitem identificar influências mundiais no ensino de ciências com enfoque CTS.

Mesmo considerando a existência de traços históricos inicialmente presentes no ensino de ciências sob enfoque CTS, na atualidade tais distinções não se apresentam mais de forma tão marcante, como é apontado por Marta Garcia e colaboradores (1996), ao afirmarem que:

[...] hoje, os estudos em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) abrangem uma diversidade de programas filosóficos, sociológicos e históricos, os quais, enfatizando a dimensão social da ciência e da tecnologia, compartilham certo núcleo comum:
- o rechaço da imagem de ciência como atividade pura e neutra;

- a crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada e neutra;
- a promoção da participação pública na tomada de decisão (Garcia *et al.* 1996, *apud* STRIEDER, 2012, p. 25).

Assim, a perspectiva apresentada permite conferir maior clareza histórica no que diz respeito à identificação de possíveis tendências em trabalhos gestados sob o apoio dos referenciais oriundos de uma ou outra tradição. No entanto alerta-se para o fato de que o mais relevante na educação em ciências com enfoque CTS é a defesa de objetivos como os apontados no parágrafo anterior, além de outros ali não contemplados.

Existe na atualidade uma enorme gama de preocupações por parte de estudiosos das relações CTS, tanto dos que não atuam especificamente no campo da educação como daqueles envolvidos diretamente com o ensino de ciências com enfoque CTS. Suas discussões consideram como questão menor aquela sobre as origens da educação CTS, tal como foi apontado no trabalho de Strieder e Kawamura (2014), em que analisam o pensamento de diferentes estudiosos envolvidos com as questões CTS.

Já na visão de Dagnino (2008), como está apresentado no subtópico seguinte, ao discutir o âmbito ibero-americano, as preocupações deste autor estão centradas na necessidade de um melhor relacionamento entre a Política Científica e Tecnológica (PCT) e os estudos sobre CTS (ECTS), sem se deter de forma mais significativa em aspectos das origens dos estudos CTS ou da educação CTS.

1.1.3 Origens da tradição latino-americana de educação CTS

Não seria possível completar o esboço do panorama histórico que aqui propomos sem tratar de aspectos mais próximos de nossa realidade e cujas repercussões são significativas para o ensino de ciências com enfoque CTS no âmbito latino americano.

É possível situar que as duas tradições de ensino de ciências com enfoque CTS anteriormente tratadas apresentavam em comum desde seus primórdios uma preocupação com o envolvimento e participação social em questões científicas e tecnológicas. Tal questão era igualmente discutida na América Latina, no entanto com o diferencial de uma preocupação mais direcionada às propostas relacionadas com a PCT, reflexo de um entendimento sobre a necessidade de democracia no

processo decisório envolvendo ciência e tecnologia (STRIEDER; KAWAMURA, 2014).

Ao se analisar a relação do pensamento latino-americano com a CTS, surge a possibilidade de se vislumbrar uma outra tradição de educação com enfoque CTS, a ibero-americana, que engloba Brasil, Argentina e Espanha, em cujas características, entre outros aspectos, figuram discussões no sentido de uma educação com enfoque CTS para a formação de quadros profissionais que, no futuro, passem a atuar no âmbito da formulação de PCT, com uma perspectiva, como afirma Dagnino (2008), em que o:

[...] desafio de buscar uma coerência ibero-americana entre os ECTS e a PCT (...) pode representar uma significativa contribuição para o movimento CTS em nível internacional. Da mesma forma que a implantação dos ECTS na Espanha parece ter se apoiado num esforço de fazer convergir as tradições europeia e norte-americana, chegando a um resultado que combina seus pontos fortes e evita suas debilidades (DAGNINO, 2008, p.05).

Do ponto de vista do estímulo inicial aos Estudos CTS na América Latina, um dos acontecimentos que podem ser apontados, segundo Dagnino (2008), é a atitude demonstrada por professores argentinos da área das ciências duras, na segunda metade da década de 1960, frente às dificuldades de avançar em suas pesquisas. Esses professores passaram a defender que o apoio aos seus trabalhos estava associado ao desenvolvimento de um "Projeto Nacional" de desafio científico-tecnológico. Tal contexto é associado com uma das forças desencadeadoras do Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS).

Em linhas gerais, a defesa da participação da sociedade em decisões envolvendo a ciência e a tecnologia tem sido historicamente um aspecto “apontado como a essência do Pensamento Latino-Americano em CTS (...), movimento considerado precursor das discussões sobre CTS na América Latina (STRIEDER; KAWAMURA, 2014, p.102)”.

Observando tal contexto sob uma perspectiva mais ampla, que abrange tanto a Argentina quanto o Brasil, o PLACTS levantava discussões acerca do seguinte: a escassa demanda social por conhecimento científico e tecnológico associado à causa da debilidade dos sistemas científico-tecnológicos; a desconstrução da ideia da incapacidade local para desenvolver ciência; a rejeição aos argumentos de que a herança ibérica ou indígena consistiria em caráter limitante à capacidade científico-

tecnológica; a condenação ao conceito do Determinismo Geográfico, o qual postulava que a ciência não poderia prosperar nos trópicos (DAGNINO, 2008).

Tais questões figuravam de maneira inédita para o contexto latino-americano da época, o que permite destacar a relevância das contribuições do PLACTS que, tendo:

[...] abordado temas que somente depois passaram a fazer parte da agenda de pesquisa dos ECTS dos países avançados, faz com que possa ser considerado em muitos aspectos como precursor dos ECTS em nível internacional (DAGNINO, 2008, p.17).

Além desse aspecto, no que diz respeito especificamente ao meio acadêmico, o PLACTS experimentou aceitação devido provavelmente ao fato de que incluía em suas discussões uma crítica ao:

[...] Modelo Institucional Ofertista Linear e não negava a necessidade de fortalecer a capacidade de pesquisa que, segundo propunha, permitiria no momento futuro politicamente favorável associado ao “Projeto Nacional” promover o desenvolvimento econômico e social (DAGNINO, 2008, p.18).

Na análise apresentada acerca da Ibero-América, é possível apontar que tal região expressava profícua discussão de questões envolvendo as inter-relações ciência, tecnologia e sociedade em seus espaços acadêmicos, antes mesmo da chegada das ideias norte-americanas e europeias datadas do período entre 1960 e 1970. A realidade dessa época quanto às discussões CTS é colocada por Dagnino (2008) da seguinte forma:

O campo CTS na ibero-américa do final dos anos de 1970 indicava a **convivência** das duas tradições dos ECTS, a europeia e a norte-americana, com a do PLACTS, surgido das contradições da C&T na periferia (p.24 – grifo nosso).

Consideram-se importantes as observações apresentadas em razão da possibilidade de se evitar que algum leitor mais desavisado constitua a ideia de que os ECTS ou mesmo a educação CTS somente se iniciaram ou foram possíveis em países latino-americanos a partir do momento em que Brasil, Argentina ou a América Latina, de forma geral, tomaram conhecimento sobre o que acontecia na América do Norte e Europa. Essa perspectiva tem o propósito de esclarecer que existe tradicionalmente uma expressão bastante original e independente de pensamento e estudos CTS em nosso país, na América Latina e, como o demonstrado, na Ibero-América.

O caminho percorrido entre o início do Movimento CTS, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa, até a sua chegada ao Brasil, assim como a inauguração do ensino de ciências com enfoque CTS em âmbito mundial, trazem em seu percurso a inspiração histórica e os referenciais anteriormente expostos. É devido à sua relevância e um conjunto de propósitos que se fez questão de destacar tal histórico, sem que, no entanto, o autor do presente trabalho se sentisse obrigado a assumir um posicionamento vinculado especificamente a uma determinada tradição CTS. Apenas se abasteceu de cada uma delas, com identificação, em maior ou menor grau, com os objetivos defendidos por cada uma dessas tradições.

No tópico que se segue procurou-se delinear os traços de maior relevo da educação CTS brasileira, suas características e suas principais influências ou interferências ao longo de sua história.

1.2 BASES HISTÓRICAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS E DO ENFOQUE CTS NO CONTEXTO BRASILEIRO

Quando se direcionou esta análise para os aspectos históricos da educação com enfoque CTS no Brasil, pôde-se verificar que as principais determinantes de suas características são as tradições europeia e norte-americana e os ideais do PLACTS, sendo que as duas primeiras expressões apontadas figuram como as mais presentes, ou as mais citadas nos trabalhos que serviram de referência para esta pesquisa.

Com o intuito de clarear e situar com maior propriedade as características do ensino de ciências com enfoque CTS no Brasil e principalmente as relações e os limites do marco referencial no presente trabalho, considerou-se relevante a abordagem de aspectos da história do País e as relações que se estabeleceram no tocante à ciência e à tecnologia. Sobre isso, Auler e Bazzo (2001) traçam um muito esclarecedor panorama.

Nesse contexto, uma das reflexões que se estabeleceu diz respeito à questão: em que medida nossa sociedade estaria, nas décadas de 1970 e 1980, almejando também alcançar o emblemático e propalado *sonho (norte-)americano*? É de se refletir também sobre outra questão: como uma sociedade pode ser capaz de contrapor-se àquilo que ainda não alcançou ou vivenciou? Em relação a esses questionamentos, deve-se levar em conta que realidade brasileira era diferente

daquela em que surgiu o Movimento CTS, com “contextos nos quais as condições materiais estavam razoavelmente satisfeitas” (AULER; BAZZO, 2001, p.3).

Se no período mencionado, em solo estadunidense, já estava estruturada a base do Movimento CTS, no Brasil sua população ainda podia ser considerada consumidora de projetos elaborados pelo governo daquele país, com o objetivo de estabelecer padrões de controle hegemônico tanto sobre a sociedade quanto sobre a sua produção em ciência e tecnologia, garantindo entre outras coisas uma adequação aos interesses do capital. Na área específica da educação, a imposição de tal controle era o que se pretendia, constando como exemplo a implementação do programa Ministério da Educação do Brasil – *United States of America Agency for International Development* (MEC-USAID), cujas ações eram coordenadas no sentido de garantir a execução do programa Aliança para o Progresso no continente americano. Isso poderia permitir aos estadunidenses ditar os rumos da educação e, por consequência, da sociedade brasileira (ARAUJO, 2009).

Essas interferências refletiam uma conjuntura inaugurada com o Golpe Militar de 1964, que propiciou ambiente politicamente favorável à implementação de orientações já defendidas em Conferências Internacionais, desde 1961, a exemplo da Conferência sobre Educação e Desenvolvimento Econômico e Social na América Latina, ocorrida em 1962 no Chile. As cooperações MEC-USAID associadas ao Golpe de 1964 e às ideias veiculadas em Conferências sobre Educação forjaram o ambiente intelectual e político necessário à ação estadunidense sobre os desígnios da educação brasileira. Os resultados foram, a partir de 1971, revisões e reformas educacionais convergentes com um modelo hegemônico de formação atrelado aos interesses das elites³ do poder, algo que incluía o Ensino Médio (ARAUJO, 2009), além de reflexos sobre a organização da educação profissional, sobre o que se tratará com maior profundidade no próximo capítulo.

Em terras brasileiras, apenas entre meados da década de 1970 e início da seguinte, começavam a chegar e circular os ideais do Movimento CTS (SANTOS, 2007), experimentando grande permeabilidade e uma rápida aceitação pela área da educação em ciências, levando a um incremento da produção científica na área com orientação CTS. Essa conjuntura coincide com o período de reabertura democrática,

3 Por ser recorrente a utilização do termo elite(s) neste trabalho, esclarece-se que se trata de referência à existência de grupos que, de forma histórica, no País, estão associados ao controle e concentração do poder econômico e conseqüentemente do poder político, resultando tal situação em efeitos sobre os desígnios das políticas educacionais, além de outros aspectos.

após o período ditatorial.

Apesar da defasagem brasileira em relação à produção literária de europeus ou estadunidenses, os estudos em ensino de ciências no Brasil apresentaram um início promissor e se estabeleceram de forma definitiva, não se mostrando como apenas um modismo passageiro ou uma expressão intelectual na esteira de expressões estrangeiras. Prova disso são importantes trabalhos relacionados por Santos e Mortimer (2002), tais como os apresentados no quadro 1 abaixo.

trabalhos	realização
Unidades Modulares de Química, Angélica Ambrogi <i>et al.</i>	1987
Mansur Lufti (livros)	1988, 1992
Interação e Transformação: química para o 2º grau, Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo – GEPEQ/IQ-USP	1993, 1995, 1998
Mecânica, Térmica e Ótica, Eletromagnetismo, Grupo Reelaboração do Ensino de Física – GREF/USP	1990, 1991, 1992
Química na Sociedade, Gerson Mól; Wildson Santos	2000
Química, Energia e Ambiente, Mortimer; Machado; Romanelli	1999
Proposta Curricular de Ensino de Química, Secretaria de Educação São Paulo	1988
Ciscato; Beltran. MEC/PUC-SP. Currículo do magistério	1991
Mortimer; Machado; Romanelli. Proposta Curricular de Química para o Ensino Médio. Minas Gerais	1997, 1998
Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia. Brasília	1990

QUADRO 1 – TRABALHOS NO ÂMBITO DO INÍCIO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL.

Fonte: SANTOS; MORTIMER (2002)

Com o intuito de se evitarem vinculações descuidadas entre o ensino de ciências com o enfoque CTS e a ACT, aponta-se que, se por um lado a ACT consiste indubitavelmente em objetivo central de uma proposta de ensino com enfoque CTS, por outro, faz-se questão de esclarecer que o ensino estruturado sob tal enfoque, de forma alguma, pode ser considerado como a única ferramenta, ou único caminho para a estruturação de um processo de ACT do estudante de ciências. Como apenas um entre diversos exemplos de tal situação, cita-se o trabalho de Sasseron e Carvalho (2008), no qual essas autoras discutem aspectos da ACT sem que defendam o ensino pela via do enfoque CTS.

A educação em ciências no Brasil tem marcas de uma expressão de

proporções mundiais e, como tal, recebe diversas influências estrangeiras, às quais deve profundo respeito como referências. Por outro lado, o país apresenta também voz própria e rumo original, com importantes dimensões inovadoras, expressando influências que transcenderam nossos limites territoriais e repercutiram em outras nações com um intenso movimento de críticas e questionamentos a um modelo imposto pelo controle político do Estado sobre o cidadão.

1.3 POSSIBILIDADES ESTRUTURAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS COM ENFOQUE CTS

Ante o exposto nas seções anteriores, se torna possível imaginar que, além das variáveis envolvidas na concretização de uma proposta de ensino de ciências com enfoque CTS, as possibilidades estruturais para contemplar a proposta de tal currículo são bem diversas. Frente ao compromisso de incluir questões CTS no processo de ensino de ciências, o professor poderá se deparar com inúmeras possibilidades de organização curricular e estratégias para a sua prática pedagógica. Em vista disso, procurou-se inserir uma discussão acerca dos requisitos fundamentais à estrutura do enfoque CTS no ensino de ciências e as características de alguns modelos de currículos fundamentados na tríade CTS.

Considerando-se que são diversos os estudos produzidos sobre o tema, são destacadas propostas consagradas e trabalhos relevantes para a área. Inicialmente, a contribuição do canadense Aikenhead (1994), cujos trabalhos chegaram a alcançar reconhecida relevância, a ponto de terem influenciado as estruturas curriculares do sistema de ensino canadense. A partir de tal material apresenta-se uma discussão sobre alguns requisitos e modalidades de currículos CTS.

A estrutura curricular para o ensino de ciências com enfoque CTS é bastante complexa e demanda ampla compreensão sobre as implicações e variáveis contidas em suas componentes centrais ou no que está por trás das componentes Ciência – Tecnologia – Sociedade. Nesse sentido, Aikenhead (1994) alerta sobre a relevância dos aspectos da **função**, dos **conteúdos**, da **estrutura** e da **sequência** que compõem um currículo CTS, o que é analisado a seguir.

Quanto aos aspectos de uma proposta de currículo CTS e sua **função**, a lógica de tal elaboração deverá contemplar uma visão de mundo que permita conduzir o estudante a uma análise de seu entorno. O processo de ensino deverá

estar centrado no estudante, de forma que contemple uma discussão de questões envolvendo ciência, tecnologia e a sociedade (AIKENHEAD, 1994).

Sob tal lógica, o estudante é tomado como um ser humano imerso em um ambiente com aspectos da Ciência, implicações da Tecnologia e em interação com a Sociedade. Os aspectos da ciência são relacionados ao ambiente natural e à compreensão de fenômenos, abrangendo conceitos científicos e habilidades envolvendo a ciência. As implicações cotidianas da tecnologia dizem respeito àqueles fatores artificialmente construídos que permeiam o dia a dia do estudante, envolvendo-o com técnicas e com produtos. Assim, a interação do estudante com a sociedade é construída como resultado de seu convívio social com as variáveis mencionadas. Esses aspectos do relacionamento mais direto do estudante com a Ciência, com a Tecnologia e a Sociedade deverão ser considerados de forma contextualizada, contemplando a característica de indissociabilidade que lhes é inerente, pois, a sociedade é influenciada tanto pela ciência quanto pela tecnologia e também produz influências sobre estas. Da mesma forma, a ciência influencia tanto a sociedade quanto a tecnologia, sofrendo influências delas.

Por sua vez, a tecnologia contribui provocando direcionamentos na ciência, influenciando o desenvolvimento do conhecimento científico, repercutindo na sociedade em um intenso jogo de domínio sobre seu comportamento, podendo também sofrer orientações da sociedade sobre seu desenvolvimento.

Seguindo tal raciocínio, ainda que o ensino CTS possa contemplar a instrumentalização do estudante para seu avanço a níveis subsequentes de ensino, caso da educação propedêutica, esse não é seu objetivo único nem o maior. O ensino CTS tem como função contemplar tanto o estudante que possa vir a se tornar um futuro cientista quanto aquele que demanda um maior nível de formação intelectual, aprimorado o suficiente para que participe criticamente da construção dos rumos da sociedade (AIKENHEAD, 1994).

Analisando os aspectos dos **conteúdos** a serem contemplados em propostas de ensino CTS, a ideia central é que os estudantes sejam envolvidos por uma atmosfera didática orientada para o enfoque da ciência sob os aspectos humano e social, na qual sejam discutidos temas sociais internos próprios à comunidade científica, além de aspectos externos a ela e que dizem respeito às influências diretas do conhecimento científico sobre a sociedade. Uma proposta de currículo CTS deverá ser capaz de englobar os conteúdos que abarquem: processos

associados aos artefatos tecnológicos; interações entre tecnologia e sociedade; questões sociais envolvendo a tecnologia e/ou a ciência; conteúdos das ciências sociais que esclareçam questões em ciência e tecnologia; aspectos históricos, filosóficos, sociais das questões da comunidade científica ou tecnológica (AIKENHEAD, 1994).

No tocante à **estrutura** de currículos de ciência com enfoque CTS, Aikenhead (1994) estabelece um espectro de possibilidades para a organização curricular que passa por oito categorias, conforme está apresentado no quadro 2.

Categorias	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação	Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático	Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores
3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático	Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS	Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua seqüência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é a feita partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências
6. Ciências com conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências

QUADRO 2 – CATEGORIAS DE ENSINO CTS

Fonte: AIKENHEAD (1994) *apud* SANTOS; MORTIMER (2002)

Em tal variabilidade, exposta por Aikenhead (1994) e discutida em Santos e Mortimer (2002), é possível identificar um nítido contraste estrutural entre as

categorias 1 e 8. Pode ser ressaltado que as primeiras três categorias se identificam mais com estruturas tradicionais de ensino de ciências, ao passo que nas categorias entre 4 e 8, o conteúdo CTS passa a ser acentuadamente mais central para a estrutura do currículo, ao ponto de, na categoria 8, o conteúdo científico específico deixar de ser central para as discussões (AIKENHEAD, 1994; SANTOS e MORTIMER, 2002).

Uma quarta questão que Aikenhead (1994) analisa é referente à **sequência** do trabalho com o ensino de ciências com enfoque CTS. O estudante deve ser considerado imerso no contexto de um processo de formação para o exercício da cidadania. Portanto, o processo se dá no contexto da sociedade. Assim, o ensino se inicia na sociedade e a cada etapa retornará a ela, passando durante o processo por discussões sobre aspectos das relações entre sociedade e tecnologia e sobre os produtos tecnológicos, operando uma análise crítica das implicações decorrentes de tais relações com as ciências, os conceitos científicos e as habilidades do cidadão nesse âmbito. Somente após o desenvolvimento, com o estudante, de análises e discussões acerca dessas complexas imbricações é que o processo de ensino poderá permitir ao cidadão o retorno à interação social de forma mais crítica (AIKENHEAD, 1994). A ideia da dinâmica proposta em tal sequência, durante o processo de ensino, pode ser resumida pelo esquema apresentado na figura 1.

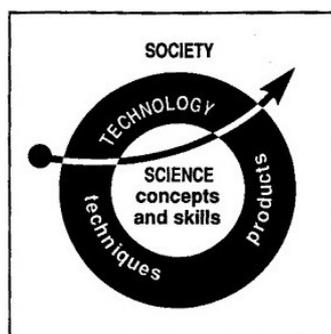


FIGURA 1 – UMA SEQUÊNCIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS CTS

Fonte: AIKENHEAD (1994)

Uma outra consideração apresentada nos estudos de Pinheiro *et al.* (2007) e Santos e Mortimer (2001) lança um alerta à necessidade de cuidado ao se estruturar um currículo CTS. Esses autores, fundamentados em Palácios (1996), observam que não se trata de tarefa das mais simples; assim, um panorama apresentado é que há três modalidades principais de currículos de ciências com enfoque CTS,

cujas características principais são:

- Enxerto CTS: introdução de temas CTS nas disciplinas de ciências, abrindo discussões e questionamentos do que seja ciência e tecnologia.
- Ciência e tecnologia por meio de CTS: estrutura-se o conteúdo científico por meio do CTS. Essa estruturação pode acontecer numa só disciplina ou por meio de trabalhos multidisciplinares e interdisciplinares.
- CTS puro: ensina-se ciência, tecnologia e sociedade por intermédio do CTS, no qual o conteúdo científico tem papel subordinado (PALÁCIOS *et al.*, 1996 *apud* PINHEIRO *et al.*, 2007, p.76-77).

Ao se considerarem situações práticas envolvendo cada uma das três possibilidades expostas, o que se pode constatar é que a primeira situação origina ações pedagógicas em que se utiliza “o enfoque CTS apenas como fator de motivação, para 'dourar a pílula' no processo de 'cumprir programas', de 'vencer conteúdos' (AULER, 2007, p.16 – grifos no original). Em tal configuração de currículo, é possível evidenciar que a centralidade da estrutura curricular é ainda direcionada aos conteúdos científicos. Essa configuração se identifica também com as categorias 1 a 3 do quadro 2, analisado anteriormente.

Para propostas de ensino de ciências com enfoque CTS enquadradas como enfoque CTS puros, os obstáculos a uma aplicação prática são ainda aspectos por serem resolvidos na realidade de nosso país. Tal afirmação se respalda em estudos que evidenciam “a necessidade de uma formação específica (...) na formação inicial e continuada dos professores, [sendo] poucas as instituições no Brasil que têm linha de pesquisa voltada para o enfoque CTS” (PINHEIRO *et al.*, 2007, p.81).

Nesse sentido, considerar a estrutura de um currículo de ciências com as características da categoria 8 do quadro 2 é algo que poderá esbarrar nas limitações da formação dos profissionais que atuam no ensino de ciências. No entanto, há trabalhos relatando experiências no sentido de propostas bastante próximas às categorias 6 e 7, tendo como uma das principais características a busca pela interdisciplinaridade no ensino de ciências, algo que demanda exacerbado esforço dos professores envolvidos (SANTOS; MORTIMER, 2002). Na prática, via de regra, os currículos CTS que podem ser observados no Brasil apresentam características de organizações curriculares variadas, que, no entanto, trazem um enfoque CTS ainda tímido. Uma possibilidade que pesquisadores da área de ensino de ciências defendem é a implementação de estruturas curriculares que se aproximem das categorias 6 e 7, mostradas no quadro 2. Contudo, de forma geral, trabalhos tratando da organização de currículos CTS no Brasil constataam a existência de

estruturas mais próximas das categorias 3 a 6 do mesmo quadro (SANTOS; MORTIMER, 2002), ou, de acordo com Pinheiro *et al.* (2007, p.76), estruturas que se identificam com a modalidade de “ciência e tecnologia por meio de CTS” exposta acima.

Outra questão importante em relação ao processo de ensino de ciências com enfoque CTS diz respeito aos objetivos de um currículo com tal orientação. Se tal proposta é influenciada, orientada, por tão diversa gama de assuntos e conta com tantas possibilidades de organização curricular como se discutiu, por outro lado, existe um ponto de consenso entre pesquisadores da área, que é quanto ao objetivo pretendido com o ensino CTS. Para se discorrer sobre isso, organizou-se o tópico a seguir.

1.4 OBJETIVOS DA EDUCAÇÃO CTS E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Ao longo deste trabalho, procurou-se explicitar que se buscou inspiração em propostas progressista para o ensino de ciências, sendo que, ao serem adotadas como referencial, intentou-se um alinhamento com elas. No rol dessas referências, figuram com destacado relevo as ideias freirianas, cujos preceitos são de consenso entre pesquisadores da área de ensino de ciências, em torno do qual a intenção do ensino de ciências consiste em contribuir com o estudante cidadão, para que ele seja capaz de edificar um percurso de emancipação por meio de uma capacidade autônoma de tomada de decisão sobre questões da sociedade científico-tecnológica em que vive (SANTOS e MORTIMER, 2001; SANTOS, 2007).

Ao se considerar um ensino de ciências que conte como ferramenta de sua organização o enfoque CTS, tem-se em conta que seu objetivo central será o de contribuir para a alfabetização científica e tecnológica (ACT) do estudante cidadão. Trata-se de um objetivo com o qual o autor deste trabalho concorda, procura defender e para o qual buscou corroboração nos referenciais teóricos aqui utilizados.

Para que se possa compreender e conceituar com mais propriedade as relações entre o ensino de ciências com enfoque CTS e a ACT, passa-se a apresentar inicialmente os aspectos envolvidos com o processo de tomada de decisão, algo que não pode ser decorado ou mecanicamente assimilado de forma desconexa da realidade do estudante. A tomada de decisão figura como um

complexo movimento processual a se concretizar como uma construção do indivíduo, conforme exposição de Mary Ratcliffe, apresentada por Santos e Mortimer (2001), auxiliando a melhor compreender tal processo e as ações que podem envolver essa construção, conforme consta no quadro 3.

Passos	Ações
Opções	Lista ou identifica os possíveis procedimentos alternativos de ação em relação ao problema.
Critérios	Desenvolve ou identifica critérios adequados para comparar os procedimentos alternativos de ação. A natureza desses critérios deixa a discussão aberta.
Informação	Clarifica a informação conhecida sobre possíveis alternativas, com referência particular aos critérios identificados e a algum conhecimento científico ou evidência.
Pesquisa	Avalia as vantagens e desvantagens de cada alternativa em relação aos critérios identificados.
Escolha	Escolhe uma alternativa baseada na análise empreendida.
Revisão	Avalia o processo de tomada de decisão empreendido, identificando alguma possível melhora.

QUADRO 3 – SEQUÊNCIA DE PASSOS PARA TOMADA DE DECISÃO

Fonte: RATCLIFFE (1997) *apud* SANTOS; MORTIMER (2001, p.98)

Os passos descritos acima expõem que, para o estudante de ciências ser capaz de tomar decisões, ele deverá ser envolvido em um processo de ensino dotado de dinâmica contínua, abrangendo diversas ações que demandam conhecimentos e habilidades para uma apropriação do processo por ele. É nesse ponto que o ensino de ciências converge com os requisitos desse processo e encontra na ACT a concretização de seus objetivos, sem que isso represente um fim do processo.

Em concordância com Santos e Mortimer, os quais destacam “as propostas curriculares para o ensino de ciência na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) possuem como principal meta preparar os alunos para o exercício da cidadania” (2001, p.98) e compreender que uma das formas de o cidadão exercer sua cidadania é justamente através de sua capacidade de tomada de decisão, defende ele a ACT como o objetivo a ser trilhado no caminho da educação em ciências.

É relevante ainda pontuar que a ACT é um processo que culmina com uma preparação do estudante para uma vida social, crítica e responsável. Não se trata,

como talvez os mais desavisados possam entender, de uma simples formação sobre o conhecimento científico envolvido nos mais inovadores e modernos artefatos tecnológicos, algo que poderia ser classificado como uma perspectiva reducionista de ACT (AULER; DELIZOICOV, 2001). É necessário transcender tal perspectiva. A ACT deverá contar com a capacidade crítica e analítica do cidadão em questões que envolvam a aplicação da ciência-tecnologia e suas consequências para a sociedade. Ademais, ao assumir um processo de educação inspirado em ideias progressistas, deve-se entender a ACT como um processo que possa permitir ao educando a identificação e superação do “mito original”. Esse mito resulta da manifestação de concepções que endossam os mitos da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, do salvacionismo atribuído à ciência-tecnologia e do determinismo tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001).

O intuito desta dissertação foi que, a partir deste ponto, fique mais nítida a noção de uma educação em ciências com orientação na perspectiva CTS, de maneira a contemplar uma análise crítica dos aspectos CTS. O objetivo do ensino com enfoque CTS deverá consistir em contribuir para a ACT do estudante cidadão em uma perspectiva ampliada.

É apresentada a seguir uma discussão embasada em Shen (1975); Santos (2007); Milaré; Richetti; Pinho Alves (2009); Bocheco (2011), relevantes trabalhos que serviram de apoio para esta dissertação, como referenciais, com o intuito de apresentar parâmetros de ACT. Nesses parâmetros deverão estar contemplados os domínios intelectuais do estudante quando alcançado por um processo de ensino com as características aqui defendidas. Com o objetivo de discorrer sobre tais parâmetros e ante a missão de esclarecer a abrangência de cada um deles, procurou-se organizar o último tópico deste primeiro capítulo.

1.5 PARÂMETROS PARA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

No processo de construção deste trabalho, fez-se contato com materiais cujos estudos direcionaram para quatro parâmetros de Alfabetização Científica (AC) e outros três de Alfabetização Tecnológica (AT). Tais modelos têm raízes nos conceitos de Alfabetização Científica e Tecnologia (ACT) definidos por pesquisadores tais como Shen (1975), que defendeu a possibilidade de análise da AC sob diferentes aspectos, o que resultou nos conceitos de: Alfabetização Científica Prática;

Alfabetização Científica Cívica; Alfabetização Científica Cultural. Outro trabalho é o artigo de Milaré, Richetti e Pinho Alves (2009), que, reinterpretando o trabalho de Shen, acrescentam o parâmetro de Alfabetização Científica Profissional ou Econômica. Contou-se ainda com a dissertação de Bocheco (2011), onde é apresentada uma organização dos parâmetros de AC encontrados nos materiais citados, juntamente com uma sistematização de parâmetros de Alfabetização Tecnológica, que direcionam para uma discussão sobre Alfabetização Tecnológica Prática, Alfabetização Tecnológica Cívica e Alfabetização Tecnológica Cultural.

Os parâmetros de AC e AT organizados no trabalho de Bocheco expõem uma definição sobre o que se espera do alcance do conhecimento do estudante ao longo de um processo de ensino de ciências com enfoque CTS, estruturado com a preocupação de contribuir para a ACT desse estudante em uma perspectiva ampliada. A interpretação de tais parâmetros permitiu estabelecer categorias *a priori*, que foram adotadas na análise do *corpus* desta pesquisa, cujo conteúdo é discutido nos itens subsequentes.

a) **Alfabetização Científica Prática** (ACPrática): essa foi considerada por Shen (1975) como a mais urgente e negligenciada das categorias de Alfabetização Científica. Esse autor considera, em seu artigo da época, que esse tipo de conhecimento técnico e científico deva ser colocado em uso pelo cidadão de forma mais imediata, possibilitando, entre outros aspectos, uma melhoria de padrão de vida. A AC Prática, ao ser utilizada como parâmetro de ACT, deverá garantir que o estudante apresente uma compreensão baseada em conhecimentos científicos, de fenômenos naturais, processos, funcionamento de artefatos tecnológicos presentes no cotidiano. É importante atentar para a necessidade de inclusão de conhecimentos tecnológicos, o que permite também espaço para a contemplação de aspectos do processo de alfabetização tecnológica. A AC Prática deverá permitir que o indivíduo utilize conteúdos científicos, assim como a linguagem científica, para compreender fenômenos, processos e artefatos de seu entorno. Parte do ensino de ciências deverá consistir na exploração das aplicações cotidianas dos conhecimentos científicos (BOCHECO, 2011).

b) **Alfabetização Científica Cívica** (ACCívica): tem o papel de auxiliar os estudantes a tomarem decisões baseadas em argumentos científicos. Os estudantes deverão ser capazes de lidar com decisões que requerem negociações e deliberações, principalmente em assuntos relacionados à saúde, meio ambiente e

bem-estar social, desenvolvendo uma responsabilidade social e enfrentando os problemas de uma sociedade tecnocientífica (BOCHECO, 2011), seus aspectos sociocientíficos (SANTOS, 2002), os princípios morais, o mundo físico, químico, biológico e social em sua volta (ZEIDLER et al, 2005 *apud* BOCHECO, 2011).

c) **Alfabetização Científica Cultural** (ACCultural): abrange o entendimento da ciência como uma construção histórica e social, cujo caráter é provisório, incerto e não linear. Faz parte de seu objetivo conhecer as limitações dos conhecimentos científicos e seus aspectos históricos, filosóficos, sociológicos como a cultura humana. O estudante deverá ser capaz de compreender que a ciência não é uma verdade única e acabada, demonstrando capacidade crítica quanto ao uso dos conhecimentos científicos (BOCHECO, 2011).

d) **Alfabetização Científica Profissional** (ACProfissional): abrange o domínio em relação aos conhecimentos científicos mais específicos e complexos, importantes para determinadas áreas profissionais, ciências aplicadas e setor produtivo. É do seu objetivo compreender como esses assuntos específicos são abordados em determinadas carreiras científicas, além do aspecto econômico ligado a determinados processos (BOCHECO, 2011).

e) **Alfabetização Tecnológica Prática** (ATPrática): se refere ao domínio dos conceitos tecnológicos relacionados com a compra, o manuseio, a interação com a linguagem tecnológica (siglas, termos técnicos, tabelas, gráficos); a contratação de serviços em condições de igualdade com os demais cidadãos; o entendimento dos aspectos ligados à periculosidade. Enfim, está relacionado ao domínio e à autonomia dos aspectos do mundo tecnocientífico, podendo fazer parte de uma futura formação profissional na área científica e tecnológica (BOCHECO, 2011).

f) **Alfabetização Tecnológica Cívica** (ATCívica): nesse caso, o estudante deverá ser capaz de considerar o aspecto sociotecnológico da tecnologia nas relações entre economia e indústria; no gerenciamento da atividade tecnológica; na manipulação de equipamentos; na escolha de tecnologias dos processos de produção; na responsabilidade do usuário e consumidor da tecnologia; nas regulamentações; nos valores e na ética; nos hábitos e crenças ligados ao progresso e à atividade tecnológica; nas tendências de estética e beleza envolvendo tecnologia. Todos esses aspectos deverão ser capazes de levar o estudante a analisar criticamente a tecnologia sem que desenvolva uma atitude antitecnologia (BOCHECO, 2011).

g) **Alfabetização Tecnológica Cultural** (ATCultural): conforme essa categoria, o estudante deve dominar uma concepção filosófica sobre o que é tecnologia e sua natureza, refletindo sobre a relação entre técnica, conhecimento científico e as atividades humanas, identificando diferenças e similaridades entre ciência e tecnologia e seus caminhos independentes. Deve também discernir sobre escolhas humanas e os fins da atividade tecnológica, além do comportamento humano em relação à tecnologia e à necessidade da ética (BOCHECO, 2011).

Essas categorias de AC e AT e suas possibilidades são retomadas adiante neste trabalho, quando são discutidas as categorias de análise empregadas na metodologia da pesquisa.

Uma outra questão relevante a ser debatida consiste na relação entre o ensino de ciências com enfoque CTS e a realidade do currículo da educação profissional, com especial atenção para o currículo do Curso Técnico em Química, com o qual este pesquisador se envolve. Essa questão é retomada em um subtópico do capítulo seguinte, em um ponto cuja discussão foi considerada de relevo devido à incipiente presença de discussões de aspectos sociais relacionados ao trabalho do futuro profissional Técnico em Química com o qual este pesquisador trabalha.

Na etapa seguinte, é traçado um breve perfil sobre o que é e como veio a se constituir a educação profissional no Brasil, especialmente na formação profissional em química. Procurou-se com tal exposição discutir a realidade de atuação com a qual se depara nas ações no âmbito de um Curso Técnico em Química. Além disso, se expõe a intencionalidade desta pesquisa ao se optar por uma forma de trabalho centrada na abordagem de uma temática que busque abranger os conteúdos de trabalho.

CAPÍTULO II – EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL: CARACTERÍSTICAS CENTRAIS E ENFRENTAMENTOS

Neste capítulo, os temas elencados visaram contribuir com a discussão sobre aspectos que impactam diretamente na atividade docente, incluindo-se aí questões históricas do âmbito político-administrativo da escola brasileira e suas repercussões no ensino de ciências de forma geral e na educação profissional em particular.

Como foi discutido anteriormente, existe um entendimento entre pesquisadores da área de ensino de ciências com enfoque CTS que este deve acontecer como um processo de educação para a cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2002; AULER; DELIZOICOV, 2006a). Dessa forma, tal processo deve ser capaz de contribuir para o aprimoramento intelectual do estudante, além de potencializar sua condição de enfrentar situações de injustiça social e, por conseguinte, propiciar melhores condições de busca por dignidade em sua atuação no mundo do trabalho. É um processo que poderá facilitar a conquista de espaços de participação mais democrática na sociedade, o que pode conferir sintonia com a ideia de uma educação para a cidadania (SANTOS, 2007).

A efetivação de propostas de ensino visando concretizar uma formação com tais características não é algo simples. Para que se viabilize é necessária uma discussão acerca da realidade em que se desenvolvido o processo de ensino e aprendizagem, e exige discussões sobre: qual tipo de escola se tem na sociedade; qual tipo de escola se pretende construir; qual o tipo de formação que se intenciona proporcionar ao estudante de ciências; quais são os obstáculos que poderão dificultar a concretização de um processo de formação com as características aqui defendidas. Não se deve esquecer ainda de se incluir em tais discussões o papel do docente no processo, que será o de contribuir com a construção intelectual do educando em conjunto com ele.

Seguindo essa linha de raciocínio, seria difícil contribuir para a construção do tipo de escola desejada, ou da formação pretendida, sem uma análise de aspectos históricos da educação profissional no país, cujas interferências na escola ainda é possível identificar atualmente, resultado dos traços ideológicos que nela deixaram marcas, tais como a dualidade estrutural, o que é debatido adiante.

Este segundo capítulo foi elaborado com a intenção de se organizar uma

perspectiva histórica sobre as orientações ideológicas que influenciaram a escola brasileira e ampliar a compreensão sobre seus efeitos nos dias atuais. Em seu primeiro tópico, são apresentadas características centrais sobre o surgimento da educação profissional e as orientações ideológicas que a moldaram, incluindo um subtópico com uma discussão sobre o Curso Técnico em Química e um outro sobre enfrentamentos ideológicos necessários à educação atual. O segundo tópico engloba discussões acerca do emprego da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial na elaboração da Unidade Didática desenvolvida na disciplina de Análise Ambiental. Nela estão incluídos dois subtópicos: um esclarecendo a pertinência do trabalho a partir de uma temática no âmbito do Curso Técnico em Química e outro tratando de aspectos da estrutura curricular desse Curso.

2.1 CARACTERÍSTICAS DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL BRASILEIRA

Historicamente, a educação profissional no Brasil esteve associada a ideia de uma formação de menor importância, direcionada a pessoas consideradas como de menor valor, segundo o conceito das elites da sociedade, ou aos desvalidos da sorte (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005). Isso, em parte, por seu início estar relacionado ao trabalho braçal, menos intelectualizado e cujo objetivo intrínseco era o de cumprir tarefas para servir à sociedade e ao mesmo tempo manter ocupadas as mentes das classes trabalhadoras. Ficava claro que a “lógica assistencialista com que surge a educação profissional é perfeitamente coerente com uma sociedade escravocrata originada de forma dependente da coroa portuguesa” (MOURA, 2007, p.6).

Essa conjuntura estabeleceria um molde para a educação profissional, cuja intencionalidade era voltada a atender aos anseios das elites do poder no exercício do controle social, característica marcante e evidenciada em outras situações, como por exemplo, no fato de que:

[...] até o século XIX não há registros de iniciativas sistemáticas que hoje possam ser caracterizadas como pertencentes ao campo da educação profissional. O que existia até então era a educação propedêutica para as elites, voltada para a formação de futuros dirigentes. Assim sendo, a educação cumpria a função de contribuir para a reprodução das classes sociais já que **aos filhos das elites estava assegurada essa escola das ciências, das letras e das artes e aos demais lhes era negado o acesso** (MOURA, 2007, p.6 – grifo nosso).

Esses são estudos cujos conteúdos permitem a constatação de um panorama sobre o início da educação brasileira e em especial sobre a educação profissional. Quanto a essa última, é possível estabelecer como marco de seu início o período imediatamente após a vinda da corte portuguesa para o Brasil, ocorrida em 1808, uma vez que:

[...] os primeiros indícios do que hoje se pode caracterizar como as origens da educação profissional surgem a partir do século XIX, mais precisamente em 1809, com a promulgação de um Decreto do Príncipe Regente, futuro D. João VI, criando o Colégio das Fábricas (MOURA, 2007, p.5).

É então definido como recorte histórico de análise para este trabalho o período a partir do qual entraram em funcionamento os liceus de ofício no Brasil, a partir de 1858, pelo fato de que “esses Liceus **constituíram uma oficialização do ofício**” (LIMA, 2013, p.112 – grifo nosso), período a partir do qual a escola trás como característica a função de ferramenta de controle social, com o objetivo de garantir que as elites dominantes tenham seus interesses impostos aos dominados, de forma que:

[...] a escola como AIE [Aparelho Ideológico do Estado] deverá legitimar a ideologia da classe dominante, segundo uma sociedade baseada na propriedade individual e na divisão social do trabalho, na qual **o fazer destina-se às classes menos favorecidas e o saber às mais abastadas** (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005, p.353 – grifo nossos).

Nesse contexto, os liceus apresentavam como propósito o desenvolvimento de uma formação “fundamentada em necessidades bastante especiais: **educar pelo trabalho** os órfãos, pobres e desvalidos da sorte, retirando-os das ruas” (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005, p.351 – grifo nosso).

Quando são inaugurados os Liceus de Artes e Ofícios, no Rio de Janeiro (1858); em Salvador (1872); no Recife (1880); em São Paulo (1882); em Maceió (1884) e em Ouro Preto (1886), o que se verifica é a constituição de uma estrutura direcionada aos pobres e órfãos (sendo proibida aos escravos) com instrução teórica e prática voltada para a indústria (MOURA, 2007; LIMA, 2013).

No ano de 1909 o então Presidente, Nilo Peçanha, pelo Decreto n.7.566, de 1909, cria 19 Escolas de Aprendizes Artífices, que viriam a originar as Escolas Técnicas Federais (KUENZER, 2001; MOURA, 2007; LIMA, 2013), fato que abrange a história da atual Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Inaugurada como Escola de Aprendizes Artífices do Paraná, em 16 de janeiro de

1910, em 1942 passou a ser denominada de Escola Técnica de Curitiba e, em 1978, de Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR. Atualmente conta com sólida e abrangente estrutura, com 13 câmpus, e, desde 7 de outubro de 2005, se tornou a UTFPR (UTFPR, 2015).

No ano de 1942 a Lei n.4.073 regulamentou a Educação Profissional, passando os Liceus de Artes e Ofício a integrar a rede de escolas de formação profissional (LIMA, 2013), no contexto de diversas Leis Orgânicas da Educação Nacional, conhecidas como Reforma Capanema.

Em 1961, após um processo moroso iniciado por volta de 1946, permeado de dificuldades e divergências políticas, o Brasil passa a contar com sua primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB, Lei n.4.024/61, que apresentava como aspecto importante sua validade nas esferas administrativas municipal, estadual e federal (LIMA, 2013; ESCOTT; MORAES, 2012).

A primeira LDB do Brasil foi construída sob um cenário de muitas contradições e um jogo de forças políticas e sociais, de modo que, entre outras características, seu conteúdo proporcionava:

[...] a liberdade de atuação da iniciativa privada no domínio educacional, mas, por outro, [dava] plena equivalência entre todos os cursos do mesmo nível sem a necessidade de exames e provas de conhecimento visando à equiparação.

De tal modo, tanto os estudantes provenientes do colegial como os do ensino profissional poderiam dar continuidade de estudos no ensino superior. Este fato colocava, **formalmente**, um fim na dualidade de ensino (MOURA, 2007, p.11 – grifo nosso).

Durante o período da ditadura militar (1964-1985), a primeira LDB foi substituída pela Lei n.5.692 de 1971, com o intuito de atender aos interesses militares e prevendo modificações como: a organização do ensino em primeiro grau (1ª a 4ª e 5ª a 8ª séries) e segundo grau (1º ao 3º anos); extinção do exame de admissão ao ginásio (5ª a 8ª séries); profissionalização obrigatória no 2º grau (LIMA, 2013). Segundo essa nova estrutura organizacional, ao menos em tese, todos os cidadãos brasileiros teriam a possibilidade de iniciar seus estudos e acessar o ginásio e, caso tivessem condições, após o segundo grau conseguiriam alcançar o ensino superior. A educação passou a ser vista como ferramenta capaz de dar impulso ao projeto desenvolvimentista do governo militar (MOURA, 2007; LIMA, 2013).

A realidade da educação brasileira acabou não experimentando modificações

concretas, uma vez que:

[...] na prática, a compulsoriedade [da profissionalização no 2º grau] se restringiu ao âmbito público, notadamente nos sistemas de ensino dos estados e no federal. Enquanto isso, as escolas privadas continuaram, em sua absoluta maioria, com os currículos propedêuticos voltados para as ciências, letras e artes visando o atendimento às elites (MOURA, 2007, p.12).

Ainda durante o regime militar seria reafirmada a exclusão dos desfavorecidos da sociedade por meio da Lei n.7.044/82, que determinava a oferta optativa da educação profissional no sistema educacional. Este fato limitava a possibilidade de busca dos cidadãos das classes menos favorecidas, através da educação, de uma superação de sua condição de classe trabalhadora e assalariada (KUENZER, 2001).

Como reflexo prático do teor desta lei, que passou a reger a educação, o que se observou foi um consistente esvaziamento da educação profissional obrigatória, apresentando reflexos sobre a realidade prática e social da escola (MOURA, 2007).

2.1.1 Contexto legal vigente

Aprovada a atual LDB, Lei n.9.394 de 1996, ocorreu uma reestruturação do sistema educacional brasileiro, tornando obrigatório e gratuito o Ensino Médio, antigo segundo grau, além de passar a permitir a execução da educação profissional em cooperação com instituições privadas, algo que esvaziou esse tipo de ensino nas instituições públicas e levou ao aumento de sua procura nas instituições civis (LIMA, 2013).

A construção da LDB de 1996 reflete as marcas de uma sociedade na qual diferentes classes disputam espaço na defesa de seus direitos e interesses, de forma que:

[...] especificamente na esfera educacional, a principal polêmica continuou sendo o conflito entre os que advogam por uma educação pública, gratuita, laica e de qualidade para todos, independentemente da origem socioeconômica, étnica, racial etc. e os defensores da submissão dos direitos sociais em geral e, particularmente, da educação à lógica da prestação de serviços sob a argumentação da necessidade de diminuir o Estado que gasta muito e não faz nada bem feito (MOURA, 2007, p.14-15).

Entre outros aspectos, a LDB vigente fortalece as diferenças entre a educação destinada aos que podem se dedicar aos estudos e aqueles que necessitam procurar nos estudos também uma forma de se estabelecer socialmente,

ou seja, constituir condições de melhoria de emprego. Tal contexto é destacado pelas observações de Moura (2007) ao apontar que:

O texto [da LDB de 1996] é minimalista e ambíguo em geral e, em particular, no que se refere a essa relação – ensino médio e educação profissional. Assim, o ensino médio está no Capítulo II que é destinado à educação básica, constituindo-se em sua última etapa. Enquanto isso, a educação profissional está em capítulo distinto (Capítulo III), constituído por três pequenos Artigos (Moura, 2007, p.15).

Além de tais aspectos, menos de quatro meses após a aprovação desta LDB, o governo federal aprovou um decreto, sob n.2.208, em 17 de abril de 1997, apresentando uma reforma da mesma, separando a educação profissional e Ensino Médio, o que está expresso em seu “Art 5º – A educação profissional de nível técnico terá organização curricular própria e **independente do Ensino Médio**, podendo ser oferecida de forma **concomitante ou seqüencial** a este” (BRASIL, 1997 – grifos nossos). Passava a figurar nos documentos a legalidade do fortalecimento da educação propedêutica, destinada àqueles que podem se dedicar à formação intelectual, delegando como ensino de segunda categoria a formação profissional, destinando-se à formação de mão de obra.

Esse contexto é o resultado de uma conduta governamental de orientações neoliberais, cuja política mostrava um momento em que:

[...] o governo federal negocia empréstimo junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) com o objetivo de financiar a mencionada reforma [do ensino] como parte integrante do projeto de privatização do estado brasileiro em atendimento à política neoliberal, determinada desde os países hegemônicos de capitalismo avançado e das grandes corporações transnacionais (MOURA, 2007, p.17).

Após o período de oito anos do governo de Fernando Henrique Cardoso, se inicia o governo de Luís Inácio Lula da Silva, cuja política educacional assumiu aspectos que:

[...] conduziram ao entendimento de que uma solução transitória e viável é um tipo de ensino médio que garanta a **integralidade de uma educação básica**, ou seja, que inclua os conhecimentos científicos produzidos e acumulados historicamente pela sociedade, como também objetivos adicionais de **formação profissional numa perspectiva da integração dessas dimensões**. Essa perspectiva, ao adotar a ciência, a tecnologia, a cultura e o trabalho como eixos estruturantes, contempla as bases em que se pode desenvolver uma educação tecnológica ou politécnica e, ao mesmo tempo, uma formação profissional *stricto sensu* exigida pela dura realidade da sociedade brasileira (MOURA, 2007, p.19 – grifos nossos).

Em tal momento, um dos primeiros documentos a apresentar diferenças de orientação na organização da educação profissional foi o Decreto n.5.154, de 23 de julho 2004. Esse revogou o teor do Decreto n.2.208, de 1997, e retomou a possibilidade de integração entre Ensino Médio e educação profissional (MOURA, 2007). Além desse, o teor do Decreto n.11.541, de 2008, amplia o que estava previsto na LDB, incluindo a educação profissional na estrutura da educação básica, permitindo integrá-la ao Ensino Médio (LIMA, 2013).

Apesar desses aparentes avanços, há trabalhos que denunciam o fato de as alterações documentais não terem efetivamente provocado modificações práticas, uma vez que “o crescente repasse de recursos públicos para o setor privado, por intermédio de parcerias justificadas pela '*impossibilidade*' do Estado em cumprir com suas funções” (KUENZER, 2006, p.899) ainda permite a manutenção do tradicional estado de coisas, dificultando a real ampliação de vagas nas instituições públicas e perpetuando as dificuldades da realidade histórica.

Em linhas gerais o contexto apresentado demonstra uma falta de visão no sentido de programas de governo estáveis e perenes que possam conferir uma solidez à estrutura educacional brasileira, ou consolidar propostas de longo prazo.

No próximo tópico, procurou-se organizar um panorama a respeito das características da educação profissional, especialmente no que diz respeito às características do Ensino Técnico em Química, área de formação com a qual se preocupou a presente pesquisa.

2.1.2 Aspectos do Curso Técnico em Química: Brasil e Paraná

Além das características da educação profissional tratadas no tópico anterior, especificamente sobre o Ensino Técnico em Química no Brasil um fato é que ele “surgiu com a intenção de proporcionar uma formação profissional na área da Química, mais rápida, **para suprir o mercado** com mão-de-obra com alguma especialidade, a menores custos” (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005, p. 351-352 – grifo nosso). Isso se deu, inicialmente, com criação do Instituto de Química do Rio de Janeiro, desde 1918 (SIQUEIRA, 1999, *apud* MATSUMOTO; KUWABARA, 2005; PORTO; KRUGER, 2013), em cuja organização, entre outras características:

[...] ofereceria dois cursos destinados à formação de químicos profissionais, um de caráter rigorosamente científico, destinado àqueles que provassem

ter cursado as cadeiras de Química Mineral e Orgânica das Escolas de Engenharia, Agricultura, Medicina, e outros cursos abreviados para quem, mesmo não possuindo conhecimentos gerais e científicos, desejasse apenas o conhecimento da química prática e aplicada, a fim de empregá-la na indústria e comércio (RUBEGA; PACHECO, 2000, p.158).

Situação que contemplava a existência de espaços distintos, um destinado à formação de cidadãos com profundos conhecimentos científicos e outro para uma formação mais restrita voltada aos processos produtivos da indústria, por tanto, com vistas a formação de mão de obra.

No ano de 1934, ocorreu uma tentativa de integração do ensino técnico ao secundário (atual Ensino Médio), quando no colégio Mackenzie de São Paulo, foram inseridas disciplinas da formação geral no Curso Técnico em Química ofertado. Tentativa que, no entanto, não obteve sucesso por haver alegada inequivalência entre esses dois tipos de formação (FONSECA, 1961, *apud* RUBEGA; PACHECO, 2000), sendo apenas em 1950 admitida a possibilidade de, com a formação técnica, o estudante dar sequência aos estudos em um curso superior, devido à promulgação da Lei n.1.076/50 (RUBEGA; PACHECO, 2000).

Em 1942, é criada a Escola Técnica do Rio de Janeiro, juntamente com a regulamentação das escolas técnicas e industriais, por meio do Decreto Federal n.4.127/42 (Fonseca, 1961, *apud* RUBEGA; PACHECO, 2000), e somente a partir de 1959, pelas ações de Anísio Teixeira, então Presidente da Comissão de Reforma do Ensino Industrial, foi regularizada a situação do Ensino Técnico, porém “os motivos apresentados pela comissão para a necessidade de mudanças no ensino técnico apontavam para uma **redução da intervenção do trabalhador no processo produtivo** (RUBEGA; PACHECO, 2000, p. 160 – grifo nosso). A nova configuração contava com uma estrutura de dois ciclos paralelos ao secundário; o primeiro, com uma formação mais generalista; o segundo ciclo, o profissional, denominado Curso Técnico Industrial, estendido para quatro anos de duração total (RUBEGA; PACHECO, 2000).

Outro aspecto importante no contexto da organização da formação e profissionalização do técnico em química foi a regulamentação profissional. A partir da década de 1940, essa questão passou a contar com o respaldo da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada com o Decreto-Lei n.5.452, de 1º de maio de 1943, e que reconhecia:

[...] três situações na força de trabalho da área: a primeira, constituída pelos

diplomados em Química, Química Industrial ou Engenharia Química, em escolas brasileiras oficiais ou reconhecidas; a segunda situação incluía os diplomados em Química por escola estrangeira de ensino superior, desde que fosse feita a revalidação do diploma, e a terceira compreendia os químicos licenciados para atuar na área com experiência comprovada (RUBEGA; PACHECO, 2000, p.163).

A CLT passou a obrigar a identificação do químico responsável no rótulo dos produtos industrializados e o uso de uma carteira de trabalho específica para a profissão, além de exigir a contratação de profissionais da área por parte de empresas voltadas à produção de cimento, açúcar e álcool, vidro, curtume, massas plásticas artificiais, explosivos, derivados de carvão ou de petróleo, refinação de óleos vegetais ou minerais, sabão, celulose e derivados. Soma-se a isso a atuação do Conselho Federal de Química, criado em 1956 pela Lei n.2.800, que tem como reflexo o fato de a profissão e suas atribuições passarem a assumir uma configuração mais sólida e, posteriormente a isso, a Resolução Normativa n.36, de 1974, que reviu e incrementou as atribuições do Técnico em Química (RUBEGA; PACHECO, 2000).

Atualmente, a regulamentação do Ensino Técnico de Química se dá sob os efeitos da promulgação do Decreto n.5.154, de 2004, e da Lei n.11.741, de 2008, que em linhas gerais possibilitam a integração curricular entre educação profissional e o Ensino Médio. Integração que pode colaborar com uma formação técnica que inclua a formação integral de um cidadão mais crítico, que venha a atuar como um profissional mais preocupado com a natureza de suas atividades.

Tais aspectos vão ao encontro da proposta de um ensino com enfoque CTS, que coloca entre suas preocupações a formação crítica para o exercício da cidadania, considerando indispensável a formação integral, a interdisciplinaridade e a inclusão de discussões sobre aspectos sociais da atividade profissional, o que discutimos mais adiante neste trabalho.

Por outro lado, uma característica presente na formação técnica de nível médio, cujos efeitos se refletem na prática, é que:

As modificações ocorridas no mundo do trabalho, referentes a muitas questões atualmente colocadas no panorama mundial, como a globalização, a produção flexível e as novas demandas do mercado de trabalho, exigem adequação do perfil profissional impactando diretamente na formação profissional (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005, p.350).

Realidade que apresenta marcas de uma orientação da escola pautada pelos

desígnios da estrutura social, ditada pelas elites do poder e pelo capital, além de um nível de exigência bastante alto para a formação técnica.

Inserido no contexto nacional dos Cursos Técnicos em Química, está a realidade específica do Estado do Paraná, onde este curso é ofertado pela Rede Estadual de Ensino, mantida pelo governo estadual por intermédio da Secretaria de Estado da Educação do Paraná – SEED-PR, sendo encontrado nos seguintes municípios: Apucarana, Arapoti, Bela Vista do Paraíso, Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Ibiporã, Ivaiporã, Londrina, Mandaguari, Marialva, Maringá, Paranavaí, Ponta Grossa, Rolândia, São Mateus do Sul, Toledo e Umuarama (PARANÁ, 2015).

Na capital paranaense, o primeiro estabelecimento da rede pública de ensino a ofertar o Curso Técnico em Química foi o Instituto Politécnico Estadual, hoje denominado Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba – CEEP. Além desse estabelecimento, durante certo período o curso foi ofertado pelo Colégio Estadual Francisco Zardo, sendo descontinuado e extinto em 1999 como reflexo do decreto n.2.208 de 1997, que orientava a oferta da educação profissional apenas na modalidade de cursos pós-médios (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005).

Atualmente, com a possibilidade de resgate da integração entre educação profissional e Ensino Médio o Curso Técnico em Química conta com relativa ampliação, sendo ofertado pela SEED-PR em 22 colégios da rede em todo o Estado. Em Curitiba, passou a ser ofertado desde 2010 no Colégio Estadual Professor Loureiro Fernandes e, em 2014, no Colégio Estadual Professor Elycio Vianna (PARANÁ, 2015).

Em relação às características da organização curricular dos Cursos Técnicos em Química, é possível identificar que:

Os programas de química do ensino médio, do ensino profissional em química e do ensino superior de Química possuem praticamente o mesmo conteúdo programático, distribuídos nas disciplinas de Química Geral, Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Analítica e Físico-Química. As diferenças encontradas referem-se ao tempo destinado para abordar cada assunto e à priorização de determinados aspectos de cada assunto nos programas dos diferentes níveis de ensino (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005, p.352).

A estrutura da proposta curricular que tem sido implementada no Estado do Paraná está embasada nas Diretrizes da Educação Profissional – DEP do Estado, as quais preveem, em suas dimensões teórico-metodológicas, assumir o trabalho

como princípio educativo, orientação que defende:

[...] se recorrer a uma **sólida formação geral** fundamentada nos conhecimentos acumulados pela humanidade. A organização curricular deve promover a universalização dos bens científicos, culturais e artísticos tomando o trabalho como eixo articulador dos conteúdos, ou seja, como princípio educativo, respondendo às novas formas de articulação entre cultura, trabalho e ciência com uma formação que busque um novo **equilíbrio entre o desenvolvimento da capacidade de atuar praticamente e trabalhar intelectualmente** (PARANÁ, 2006, p.36 – grifos nossos).

Para que se torne exequível uma formação com essas orientações teórico-metodológicas, a proposta curricular exigirá que sejam contemplados:

- os **princípios científicos gerais** sobre os quais se fundamentam as relações sociais e produtivas;
- os conhecimentos relativos às **formas tecnológicas** que estão na raiz dos processos sociais e produtivos contemporâneos;
- as formas de linguagem próprias das diferentes **atividades sociais** e produtivas;
- os conhecimentos sócio-históricos e as categorias de análise que propiciem a **compreensão crítica da sociedade capitalista** e das formas de atuação do homem, como cidadão e trabalhador, sujeito e objeto da história (KUENZER, 2000 *apud* PARANÁ, 2006, p.37 – grifos nossos).

O contexto exposto, em tese, aponta para uma ação pedagógica de enfrentamento à realidade histórica na formação profissional, onde uma das marcas presentes apontada pela literatura é a categoria dualidade estrutural, a qual é definida por uma formação sob forte domínio do sistema produtivo sobre o trabalhador, impondo à escola de formação técnica um perfil funcionalista, destinado a preparar os filhos das classes trabalhadoras para executar tarefas, enfim, uma escola disposta a reproduzir as “relações sociais do capital com o sistema produtivo” (RUBEGA; PACHECO, 2000).

Na prática, no Brasil a organização educacional apresenta, desde seu início, a intencionalidade de atender a fins específicos, ditados pelas elites do poder, de forma a se constatar uma escola na qual:

A dualidade estrutural, **conforme separa a escola dos trabalhadores da escola dos dirigentes**, opera uma cisão entre estas duas dimensões do trabalho humano [o manual e o intelectual] e propõe trajetórias educativas **ou** centradas nas atividades teóricas, para a formação dos dirigentes, **ou** centradas nas práticas laborais, para a formação de trabalhadores (PARANÁ, 2006, p.23 – grifos nossos).

Ante o exposto, com o intuito de se estabelecer uma ação pedagógica de contraponto à realidade histórica da educação profissional, é possível perceber

questões de proporções consideráveis a serem enfrentadas, sendo um dos pontos a ainda presente dualidade estrutural no Brasil, e particularmente na estrutura da educação profissional do estado do Paraná.

Quanto aos aspectos legais definidos pela SEED-PR e sua postura em relação a educação de nível médio e profissional, de um lado é possível notar certo desinteresse e omissão na gestão, uma vez que as DEP não receberam qualquer tipo revisão e muito menos ampliação em seus conteúdos e objetivos desde sua publicação, em 2006. Fato curioso, considerando terem sido as DEP produzidas por outra gestão, cuja orientação política era bastante divergente da atual. Por outro lado, quanto ao incentivo e garantia de permanência dos cursos da educação profissional, existe uma tendência de dificultá-las, fato visível no conteúdo dos critérios para aberturas de novas turmas dos cursos técnicos, onde os Núcleos Regionais de Educação – NRE são oficialmente orientados à abertura de uma única turma por estabelecimento de ensino, além de não permitir abertura de novas turmas sem que as anteriores tenham totalizado um mínimo de 35 matrículas (PARANÁ, 2012).

Outro aspecto decorrente de tais ideologias pode ser evidenciado acompanhando os números de matrículas nos cursos técnicos de nível médio na modalidade subsequente, situação na qual a literatura aponta que os estudantes apresentam maior dificuldade de permanência nos estudos (HARNISCH; BRUEL, 2016). Os dados divulgados pela SEED-PR⁴, para os anos de 2013 a 2015, demonstraram diminuição no número de matrículas em todo o estado, sendo que em 2013 havia 28.984 estudantes matriculados e em 2015 este número reduziu 26,45%, contabilizando apenas 21.316 matrículas. Outro dado é a redução do número de estudantes matriculados considerando todas as modalidades do Ensino Médio, em 2013 eram totalizadas 493.434 matrículas, tendo encolhido 3,9% e passado a 474.146 em 2015, permanecendo em queda com 466.194 estudantes matriculados em 2016.

Acredita-se que as discussões aqui traçadas podem contribuir para ampliar a visão acerca das intenções presentes na organização escolar paranaense, em todos os seus níveis, em especial na educação profissional, além de expor indícios da permanência da dualidade estrutural na gestão desta escola, ainda que isto não

4 Dados do portal da SEED-PR na internet, disponíveis para consulta pública de turmas e matrículas para cada ano letivo, disponível em: <<http://www4.pr.gov.br/escolas/numeros/index.jsp>>

aconteça declaradamente.

Na sequência são abordados pontos relevantes a serem discutidos sobre enfrentamentos necessários para o desenvolvimento da educação profissional e as reflexões que os trabalhos dos referenciais teóricos nos permitem fazer.

2.1.3 Enfrentamentos necessários para uma formação mais crítica

Até aqui, foram analisadas as características históricas que permeiam a educação profissional no Brasil e aspectos específicos de sua estrutura no estado do Paraná, que ainda influenciam currículos e práticas pedagógicas na escola. A partir desse ponto, é analisada a necessidade de se enfrentar situações da realidade escolar que decorrem de ideologias historicamente comprometidas com seu controle, visando atender aos anseios das elites dominantes.

Ao centrar nosso foco de análise no âmbito da educação profissional, especialmente na escola pública da rede estadual do Paraná, identificamos que um ponto grave a ser enfrentado reside na superação da ainda presente dualidade estrutural mencionada.

Ainda que seja possível identificar nos documentos que regem a organização da educação profissional no Paraná orientações progressistas, a exemplo das DEP, por outro lado, na prática da sala de aula o que se evidencia, nos cursos técnicos mantidos pela SEED-PR, é uma sintonia com aspectos que edificam uma realidade divergente dos documentos.

Em contraste com tal realidade, uma concepção de educação mais crítica defende que a escola cumpra um papel de emancipação do sujeito. Segundo tal posicionamento, o cidadão deve ser considerado como um ser apto a pensar, pleno de direitos para a construção de sua emancipação social, podendo alcançá-la como resultado de uma conscientização que potencialize sua ação, sendo o espaço da escola uma ferramenta acessível aos cidadãos de todas as origens, voltada à construção de condições para uma modificação da realidade.

Assim, é necessário que a escola envolva o cidadão e, em conjunto com ele, procure construir uma formação que contemple o raciocínio acerca da realidade, problematizando-a para compreendê-la, transformá-la e superar as eventuais injustiças.

Em tal contexto, o enfoque CTS na educação profissional pode trazer

relevante contribuição, uma vez que sua proposta abrange uma formação que possa desenvolver, com o sujeito que aprende, uma postura cidadã. O enfoque CTS busca uma emancipação do sujeito de forma a ampliar suas possibilidades de ação no sentido da participação social, em especial no que diz respeito às decisões envolvendo ciência e tecnologia. Além deste aspecto o enfoque CTS pressupõe o comprometimento de realizar um processo que discuta o contexto social no qual a escola se insere, desmistificando a ciência e a tecnologia em um movimento no sentido da compreensão e participação de mundo (STRIEDER; KAWAMURA, 2014).

O conflito existente entre uma educação tradicionalista, que busca uma adequação do indivíduo aos anseios dos que controlam a sociedade, e a libertadora, que busca a emancipação do indivíduo, está de certa forma presente na dualidade estrutural da escola. Assim, um caminho para o enfrentamento de tais situações, em direção a uma formação mais crítica, deve procurar a desvinculação de uma preparação para cumprir tarefas, focando em uma formação para o Mundo, contemplando:

[...] no currículo, de forma teórico-prática, os fundamentos, princípios científicos e linguagens das diferentes tecnologias que caracterizam o processo de trabalho contemporâneo, tomados em sua historicidade. Desta forma, permitirá ao aluno dos cursos de formação profissional, com base na formação em nível médio, **compreender os processos de trabalho e em suas dimensões científica, tecnológica e social, como parte das relações sociais** (PARANÁ, 2006, p.24 – grifo nosso).

Essa orientação, ao se estabelecer como regra da prática escolar, pode contribuir com a construção de uma relação do cidadão com o mundo do trabalho, sem desvincular o trabalho manual do intelectual, evitando a possibilidade de relegá-lo ao *status* de simples cumpridor de tarefas.

Por outro lado, caso as orientações se restrinjam aos documentos oficiais, poderão contribuir para que o cidadão deixe de agir como ser humano para ser máquina motriz de um sistema que prioriza somente o acúmulo de capital. Para que tal não ocorra, a escola deve condizer com uma sociedade digna, democrática e de direitos equânimes, em que o ser profissional não deixe de ser humano, uma vez que “a formação técnico-científica não é antagônica à formação humanista dos homens, desde que ciência e tecnologia, na sociedade revolucionária, devem estar a serviço de sua libertação permanente, de sua humanização” (FREIRE, 1987, p.98).

Outra questão reside na relação incontestável entre a formação escolar, em

qualquer nível de ensino, e o trabalho. Nesse âmbito, existe uma orientação histórica que defende a educação **pelo** trabalho como forma de melhoria das condições sociais (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005; KUENZER, 2006). Aí é vendida a ideia de que, a partir do ensino de uma habilidade laboral, o sujeito inserir-se-á na sociedade pelo cumprimento de uma tarefa que atenda às necessidades dela, cabendo às elites receber a gratidão do povo pela chance concedida de encontrar um sustento.

A educação **pelo** trabalho serve muito bem à manutenção do tácito *status* de inferioridade e mão de obra braçal da classe trabalhadora. Tal contexto ainda hoje tem se refletido em práticas que revelam a seguinte lógica:

[...] do lado do mercado, um processo de exclusão includente, que tem garantido diferenciais de competitividade para os setores reestruturados por meio da combinação entre integração produtiva, investimento em tecnologia intensiva de capital e de gestão e consumo precarizado da força de trabalho. Do lado do sistema educacional e de Educação Profissional, um processo de inclusão que, dada a sua desqualificação, é excludente (KUENZER, 2006, p.880).

Por outro lado, na dimensão teórica, os documentos oficiais que regem a educação profissional se abrem para um outro entendimento, o que leva em consideração:

[...] a partir da integração da educação profissional com o ensino médio o **trabalho como princípio educativo**. Nessa perspectiva, o trabalho volta a ser considerado, como em seus primórdios, a própria condição para a sobrevivência, tendo em vista que é através dele que o homem em uma relação com a natureza a transforma em seu favor, sendo portanto o princípio fundamental do entendimento da natureza, ou seja, do mundo em que vivemos e que nos cerca (TOMÉ, 2012, p.9 – grifo nosso).

A situação acima apresenta o avanço de não mais se ver o trabalho para educar, mas o sentido de educar para o mundo do trabalho.

É necessária cautela, no entanto, quanto a efetividade prática dos documentos destinados às escolas públicas, não se pode deixar de lado a realidade histórica da estrutura tradicional da escola, onde uma das características é a tendência de a prática nem sempre condizer com o teor dos documentos oficiais mais progressistas, ou que tais documentos possuem entrelinhas nas quais residem suas reais intenções, com interesses no cotidiano escolar que procuram moldar a sociedade. Quanto a educação profissional, Fourez (1995) alerta, de fato "quando se deseja um técnico, na sociedade industrial, prefere-se que ele não reflita demais

sobre as implicações de seu trabalho" (FOUREZ, 1995, p.101).

No caso específico do Curso Técnico em Química, por estar relacionado à área das ciências exatas, imerso na ideia de dedicação restrita à atividade produtiva, envolvendo a tecnologia, seus aparatos, sua linguagem e aplicações características, é necessário evitar a formação de um profissional autômato, à parte da sociedade e do contexto do Mundo, tal como seria desejável em uma escola orientada pela lógica da dualidade estrutural.

O confronto entre as ideias acima expostas e a organização escolar que abriga o Curso Técnico em Química remete à preocupação sobre, de que forma a abordagem de aspectos sociais está relacionada com a estrutura curricular desse Curso. Para abrir espaço a tal discussão, foi organizado o subitem seguinte.

2.1.4 Aspectos sociais no âmbito da formação profissional

Outro aspecto relevante no contexto da construção de uma estrutura curricular mais crítica para a formação profissional está associado à presença de discussões sobre aspectos sociais no âmbito do Curso Técnico em Química. Sobre isso são tecidas algumas considerações ao longo deste subitem, discutindo também o conteúdo da ementa da disciplina de Análise Ambiental.

Ao levar em consideração que Química abrange uma área do conhecimento pertencente às ciências exatas e, junto a isso, que a educação profissional historicamente é voltada à formação de um técnico especialista na resolução de assuntos técnico-científicos, o que em geral resulta em uma formação que tende a desconsiderar um raciocínio crítico no sentido de envolver preocupações com a sociedade, o ambiente e suas relações, passa a ser importante que seja dedicada uma especial atenção à estrutura curricular do Curso Técnico de Química. Nesse sentido, destaca-se uma especial preocupação com a presença, em tal currículo, de discussões acerca de aspectos sociais envolvendo a ciência e a tecnologia.

O teor dos documentos que balizam a organização curricular e definem as respectivas propostas de formação defendem determinadas posições, como o caso da Concepção de Educação Profissional do Estado do Paraná, onde se assume "o compromisso com a **formação humana** dos alunos, a qual requer a apreensão dos conhecimentos científicos, tecnológicos e **histórico-sociais** pela via escolarizada" (PARANÁ, 2006, p.20 – grifos nossos).

Em outro documento oficial, o Catálogo de Cursos Profissionais do Paraná (2013), são contemplados igualmente aspectos sociais na formação profissional, como no caso da definição do Perfil Profissional do egresso do Curso Técnico em Química, prevendo que:

O técnico em Química possui conhecimentos científicos, tecnológicos e **sócio-históricos** relevantes produzidos pela humanidade. Compreende o processo de produção, utiliza as diferentes linguagens de expressão e comunicação, de forma a intervir na realidade do trabalho, **nas relações sociais amplas**, com autonomia intelectual e moral, para o **agir crítico** e transformador. Atua no planejamento, coordenação, operação e controle dos processos industriais e equipamentos nos processos produtivos. Planeja e coordena os processos laboratoriais. Realiza amostragens, análises químicas, físico-químicas e microbiológicas. Realiza vendas e assistência técnica na aplicação de equipamentos e produtos químicos. Participa no desenvolvimento de produtos e validação de métodos. Atua com responsabilidade ambiental e em conformidade com as normas técnicas, as normas de qualidade e de boas práticas de manufatura e de segurança (PARANÁ, 2013, p.33 – grifos nossos).

No entanto, quando se volta a atenção especificamente para o conteúdo da ementa da disciplina de Análise Ambiental, apresentada no quadro 4 abaixo, integrante do currículo do Curso Técnico em Química, torna-se mais difícil a identificação da abertura de espaço para os aspectos sociais ao longo dessa disciplina.

Disciplina: ANÁLISE AMBIENTAL

Carga horária anual total: 80h/a – 67h

EMENTA: Tratamento de águas e efluentes industriais e domésticos. Controle da qualidade da água e efluentes. Destinação de resíduos químicos e impactos ambientais. Legislação sobre o uso e destinação da água e efluentes.

CONTEÚDOS:

- Histórico ambiental dos acidentes decorrentes da poluição hídrica e atmosférica;
- Poluição do ar e do solo;
- Geração de resíduos na Indústria Química e a importância do seu tratamento;
- Classificação dos tipos de matéria orgânica e outras substâncias presentes no esgoto, autodepuração de rios e processos de eutrofização;
- Amostragem, análise microbiológica e físico-química de água e esgoto (DQO, DBO, OD, nitrogenados, fosforados, sólidos, alcalinidade, dureza, óleos, microbiológico, poluentes tóxicos, turbidez, cor, condutividade e pH.);
- Noções de legislação de água, esgoto e resíduos;
- Aspecto de funcionamento, operação e filosofia de tratamento de água, esgoto e lodo;
- Etapas de tratamento de águas: potável, de processos, caldeiras e torres de resfriamento (ETA) (Coagulação, Decantação, Filtração, Cloração, Fluoretação, Correção de pH. Resinas e Carvão Ativado);
- Etapas de tratamento de esgoto: físico, físico-químico e biológico (Gradeamento, remoção de óleos, remoção de metais, remoção de substâncias tóxicas, correção de pH, tanques de equalização, tratamento biológico, correção de nutrientes, remoção de nitrogênio) de esgotos urbanos e industriais (ETE);

- Diferenciação dos tratamentos biológicos;
- Etapas de tratamento de lodo e resíduos químicos;
- Diferenciação das técnicas de disposição e diferenciação das operações envolvidas;
- Cálculos envolvendo eficiência de tratamentos, dosagem de produtos químicos, ação do despejo nos corpos hídricos e dimensionamento simplificado de equipamentos de tratamento de água e esgoto;
- Impactos ambientais;
- Abordagem conceitual do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável;
- Sistemas naturais;
- Fluxos de energia e fluxos bioquímicos;
- Recursos naturais.

QUADRO 4 – EMENTA DA DISCIPLINA DE ANÁLISE AMBIENTAL

FONTE: Secretaria de Estado da Educação do Paraná (2015)

A referida ementa prevê uma relação de 18 tópicos com conteúdos cujos desdobramentos podem multiplicar a abrangência e a complexidade, devendo, entretanto, ser trabalhados durante um ano letivo, com apenas duas horas-aulas semanais inseridas em uma carga horária anual de 80 horas-aula⁵.

Neste ponto, um alerta a ser feito é no sentido de que, no plano de ação docente da disciplina, se busquem espaços para a inserção de discussões sobre questões de ordem social que possam contribuir com um posicionamento profissional mais crítico e consciente que possam direcioná-lo a uma atuação mais comprometida com as implicações sociais de sua atividade.

Existem alguns espaços possíveis para discussões de aspectos sociais envolvendo a ciência e a tecnologia em conteúdos tais como: *abordagem conceitual do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável; filosofia de tratamento de água, esgoto e lodo; histórico ambiental dos acidentes decorrentes da poluição hídrica e atmosférica*. No entanto, entende-se que para contemplar uma abrangência mais equânime de tais discussões no currículo, é possível a ampliação de outros conteúdos, como por exemplo: em *impactos ambientais*, incluir impactos socioambientais da atividade industrial; em *recursos naturais*, procurar abranger relações sociais entorno da exploração dos recursos naturais; em *geração de resíduos na Indústria Química e seu tratamento*, poderiam ser discutidos os impactos sociais e ambientais da atividade industrial.

Para finalizar esta sucinta análise, cuja intenção é contribuir com uma eventual reorganização curricular, pontua-se que o risco de serem excluídos os aspectos sociais de um currículo existe, mesmo em propostas de ensino com

⁵ A organização da carga horária de cada disciplina é definida com um número de horas-aulas, sendo que uma hora-aula corresponde a 50 minutos de aula.

enfoque CTS, uma vez que há concepções de ACT com uma perspectiva reducionista (AULER; DELIZOICOV, 2001) que caminham ao encontro do racionalismo científico e podem contribuir para perpetuar o mito do cientificismo, ou ainda estabelecer conceitos que não questionem ou até endossem modelos de decisões tecnocráticos.

Diante de tal perspectiva, em nossa proposta didática busca-se sintonia com uma perspectiva ampliada de ACT, contando com o suporte de referenciais que permitiram discussões capazes de superar concepções mais simplistas ou reducionistas de ACT. Assim, discutiu-se a respeito de questões próprias da ementa da disciplina de Análise Ambiental, mas acrescentaram-se outras no sentido de possibilitar a alfabetização científica do estudante em seus aspectos prático, cívico, cultural e profissional. No mesmo sentido, a alfabetização tecnológica foi pensada sob seus aspectos prático, cívico e cultural.

Sobre tais aspectos da AC e da AT, detalhou-se mais adiante, neste trabalho, de que forma é possível abordar com o estudante, a partir do trabalho com a temática IAAI, diferentes parâmetros de AC e AT.

Acredita-se que uma iniciativa de trabalho com temáticas inseridas no processo de ensino e aprendizagem poderá permitir a inclusão dos aspectos mencionados, tratando de questões relacionadas ao ambiente, à sociedade, à tecnologia e à ciência, além de outros, caminhando no sentido de uma educação problematizadora.

Entende-se que uma proposta de ensino com enfoque CTS deve ter grande preocupação quanto ao enfoque dos aspectos sociais no Curso Técnico em Química. Nesse sentido, é fundamental contemplar a discussão de aspectos sociais articulados com os conteúdos científicos e com as discussões sobre a tecnologia, levando em consideração o contexto de vida dos estudantes e a realidade da atuação do profissional Técnico em Química. Tal direcionamento possibilitará um ensino de ciências que contribua com a ampliação da compreensão dos estudantes sobre o “mundo social em que estão inseridos e desenvolvam a capacidade de tomada de decisão com maior responsabilidade, na qualidade de cidadãos, sobre questões relativas à ciência e à tecnologia” (SANTOS, 2007, p.06).

Com o intuito de apresentar uma possibilidade de abordagem temática para o desenvolvimento do trabalho com uma disciplina do Curso Técnico em Química, está exposta no próximo tópico a estrutura da temática Impacto Ambiental da Atividade

Industrial inserida no âmbito da disciplina de Análise Ambiental.

2.2 A TEMÁTICA IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

O trabalho de ensino de ciências com enfoque CTS possui uma diversidade de estratégias para seu desenvolvimento, dentre as quais se encontram os estudos organizados por temáticas, que podem contemplar um processo de ensino mais próximo da realidade do estudante e nele centrado (CACHAPUZ, *et al.* 2004), rompendo com a tradicionalidade de conteúdos compartimentalizados na estrutura isolada de disciplinas específicas.

Outro ponto é que o enfoque CTS permite estruturar um processo mais pleno de sentido para o estudante, dado que é comprometido com discussões permeadas pela contextualização, sobre o que Wildson Santos (2007) nos diz:

[...] a contextualização no currículo poderá ser constituída por meio da abordagem de **temas sociais e situações reais** de forma dinamicamente articulada que possibilite a discussão, transversalmente aos conteúdos e aos conceitos científicos, de aspectos sociocientíficos (ASC) concernentes a questões ambientais, econômicas, sociais, políticas, culturais e éticas (SANTOS, 2007, p.06 – grifo nosso).

O trabalho estruturado a partir de uma temática foi uma opção que possibilitou contemplar os objetivos desta pesquisa, que inclui em seus compromissos centrais, o enfoque CTS. Tal enfoque pressupõe uma linha de atuação que envolve premissas básicas, essenciais à concretização do processo de ensino de ciências.

Em relação à contextualização no enfoque CTS, cujas preocupações se referem ao entorno social com o qual o estudante necessita se relacionar, no caso da temática IAAI, se buscou identificar quais problemas fazem parte da atuação do futuro profissional e incluir nas aulas discussões a respeito. Na elaboração das aulas e inserção dos temas relacionados aos conteúdos da disciplina de Análise Ambiental, o direcionamento foi pautado pela preocupação em envolver os estudantes em discussões que pudessem ampliar sua percepção acerca das implicações da ciência e da tecnologia para a sociedade.

Seguindo a linha de raciocínio acima, no desenvolvimento do trabalho se procurou contemplar a discussão de questões que abrangendo posicionamentos relacionados com a ética acerca da atuação nos processos da futura profissão. No rol de tais discussões foram incluídas questões sobre tecnologias disponíveis para

certos processos, seus efeitos e como ocorrem os processos de decisão que definem sobre o uso desta ou daquela tecnologia.

Outro aspecto que foi considerado essencial na construção da temática e no planejamento das aulas, diz respeito a inclusão de conteúdos que, em consonância com aqueles específicos da disciplina, permitissem ampliar a visão dos estudantes por meio da colocação de diferentes pontos de vista sobre determinado assunto. Tal preocupação está diretamente relacionada com o objetivo de incrementar a capacidade de argumentação dos estudantes em temas envolvendo a ciência e a tecnologia em interação com a sociedade.

A partir de tais ideias, considera-se relevante e promissor a definição de uma temática a partir da qual sejam abarcados os conteúdos da disciplina de Análise Ambiental, algo que permitiu a este pesquisador abranger uma gama de conceitos, discussões e análises inerentes ao contexto do Curso Técnico em Química. A opção pela temática IAAI como base à estruturação das aulas da Unidade Didática, proporcionou espaço para ampliar a contextualização e inserir situações próximas à realidade do futuro profissional ao longo dos conteúdos da disciplina envolvendo CTS no contexto da ação antropogênica decorrente das atividades industriais, discutindo assim a natureza da atuação do Técnico em Química. O trabalho com a temática IAAI conferiu um viés mais problematizador ao trabalho com Análise Ambiental, raciocinando de forma mais interdisciplinar durante o processo.

No próximo subitem procurou-se estabelecer uma visão acerca da relevância do trabalho com a temática no âmbito de Análise Ambiental e no contexto da atividade industrial, bem como sua relação com a formação do profissional Técnico em Química.

2.2.1 A temática IAAI no âmbito da indústria e da formação profissional

Ao se analisarem as atividades desenvolvidas no âmbito da indústria química, percebeu-se que elas podem trazer consequências diversas ao ser humano, ao ambiente natural e à sociedade de forma geral. Exemplos disso são os casos de contaminações de recursos hídricos que abastecem comunidades, a exploração econômica de sociedades desfavorecidas no contexto da economia global ou a sonegação de informações sobre processos e produtos da indústria e seus respectivos efeitos para a sociedade.

Tais efeitos podem passar despercebidos ou ficar impunes caso não exista clareza sobre seu contexto. E podem ser agravados quando a lógica do acúmulo de capital se impõe sobre a dinâmica produtiva, influenciando a aplicação dos meios de produção e a orientação dos responsáveis por definir sua forma de utilização. É uma conjuntura presente em nossa sociedade, onde, uma vez que:

[...] o modelo tecnocrático é bastante difundido: há uma tendência a se recorrer aos 'especialistas'. Pressupõe-se que o 'comum dos mortais' não compreende nada, e recorre-se então aos que 'sabem'. Ocorre até que se pretenda que suas decisões sejam neutras, puramente ditadas pela racionalidade científica (FOUREZ, 1995, p.211).

Assim, ao se considerar essa lógica em que a produção industrial, o acúmulo do capital, ou o cerceamento da interferência humana nos processos produtivos demonstram a predominância de um pensamento positivista, interferindo na relação entre o Homem e a Natureza, entende-se ser urgente a conscientização do profissional Técnico em Química.

Para tanto, o desenvolvimento da temática IAAI inclui assuntos tais como: histórico de acidentes ambientais; formação de ozônio de baixa altitude; aplicações de conhecimentos científicos às teorias sobre o aquecimento global; conhecimento de parâmetros e definições de tecnologias relacionadas à qualidade de água para consumo humano; produção, consumo e destinação final dos produtos de origem industrial e as responsabilidades correlatas; concepções sobre a natureza da tecnologia e processos decisórios envolvidos, entre outros.

Os estudos e discussões englobando tais assuntos tiveram o objetivo de motivar os estudantes a construir atitudes mais críticas em relação as implicações à sociedade decorrentes dos contextos abordados. A estrutura da temática foi elaborada considerando situações próprias da realidade cotidiana das atividades industriais, das características do modo de vida das sociedades modernas, da organização dos sistemas político-econômicos e da produção e uso da ciência e da tecnologia, buscando um enfoque que insere o futuro profissional nas discussões, colocando-o no centro delas.

O desenvolvimento da temática IAAI levou em consideração a preocupação com questões da educação profissional, tais como traços remanescentes da dualidade estrutural. Isso reflete em limitações para a efetiva integração entre Ensino Médio e educação profissional, o que provoca nesse último um

“enxugamento” da carga horária das disciplinas da Base Nacional Comum – BNC⁶, algo agravado pelo exíguo espaço para as ações de interdisciplinaridade no cotidiano escolar. Além disso, há a preocupação com a carência, no currículo do Curso Técnico em Química, de um enfoque mais crítico sobre as consequências da atuação profissional, ou as discussões sobre seus aspectos sociais.

Ao se defender uma proposta inspirada em referenciais progressistas, defendendo um enfoque CTS para os conteúdos de Análise Ambiental, considerou-se pertinente propor o trabalho a partir de uma temática, algo que permite a organização de discussões que contribuam para a formação profissional abrangente e, sobretudo, um cidadão que leve consigo um posicionamento crítico em relação as implicações sociais de sua atuação no setor produtivo.

O trabalho com a temática IAAI é estruturado também de forma a direcionar o enfoque CTS no sentido de que esse possa contribuir com a ACT do estudante e futuro Técnico em Química. Desse modo, a cada aula o conteúdo desenvolvido esteve associado à preocupação de se contemplarem parâmetros de alfabetização científica e alfabetização tecnológica defendidos por Bochecho (2011).

Essa relação é apresentada em detalhes no terceiro capítulo, onde estão explicitadas as relações entre parâmetros e categorias de análise.

6 A BNC engloba as disciplinas previstas pela resolução nº2/2012 do Conselho Nacional de Educação para o currículo do Ensino Médio, a saber: Biologia; Educação Física; Filosofia; História; Língua Portuguesa; Arte; Física; Geografia; Matemática; Sociologia; Química, além de uma Língua Estrangeira Moderna. Nos cursos profissionais ofertados pela SEED-PR estas disciplinas sofrem redução de carga horária para permitir a inserção das disciplinas de formação profissional.

CAPÍTULO III – CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

O presente capítulo se destina a expor características da metodologia desta pesquisa, tratando de aspectos relativos ao ambiente em que foi desenvolvida, a instituição de ensino que foi o campo de pesquisa do autor deste trabalho, bem como as características do Curso Técnico em Química ao qual pertencem os estudantes participantes. São apresentados também detalhes sobre a constituição e a análise dos dados, abordando aspectos sobre as características da Unidade Didática, além de considerações acerca de fatores que foram determinantes em sua construção.

3.1 O AMBIENTE DA PESQUISA: a escola e os sujeitos

O local de desenvolvimento da pesquisa foi a instituição em que o pesquisador atuou como docente até o encerramento do ano letivo de 2015, fator determinante na escolha. Trata-se do Colégio Estadual Professor Loureiro Fernandes, que integra a Rede Estadual de Educação do Estado do Paraná, sendo uma das escolas centrais da capital do Estado, localizada no bairro Ahú. Distante aproximadamente 4 quilômetros do centro da cidade de Curitiba, o Ahú é um bairro residencial de população com alto poder aquisitivo.

No que concerne à estrutura, o referido estabelecimento de ensino funciona no local desde 1965. Oferta formação de Nível Fundamental – 5º ao 9º ano; Nível Médio Regular – 1º ao 3º ano; curso profissional integrado ao Ensino Médio – duração de quatro anos para os cursos Técnico em Química e Técnico em Administração; curso profissional na modalidade subsequente (antigo pós-médio) – formação em Técnico em Segurança do Trabalho ou Técnico em Administração. Suas 34 salas de aula abrigam aproximadamente 1200 estudantes, distribuídos nos três turnos de funcionamento.

O Curso Técnico em Química, cujo currículo engloba a disciplina de Análise Ambiental, é ofertado na instituição desde 2010, possui matriz curricular estruturada conforme a LDB de 1996, Decreto n.5.154, de 2004, e da Lei n.11.741 de 2008 que regulamentam a integração de oito disciplinas da formação profissional às 12 da BNC do Ensino Médio, incluindo o estágio obrigatório. A formação do Técnico em

Química tem como enfoque central o Controle de Processos Industriais, sendo as disciplinas de formação profissional voltadas a tal âmbito.

No que diz respeito ao público do Curso Técnico em Química, bem como aos demais estudantes do colégio, em sua maioria são oriundos de municípios vizinhos, na região metropolitana de Curitiba ou, quando residentes no próprio município, são de bairros mais afastados, como, por exemplo, Barreirinha e Cachoeira, distantes entre 4 e 8 quilômetros ao norte da instituição. Raramente são identificados estudantes que residem nas proximidades do colégio.

3.2 NATUREZA E METODOLOGIA DA PESQUISA

Quanto às características da presente pesquisa, ela é de natureza qualitativa, cuja abordagem se mostra pertinente à investigação pretendida, visto que estudo dessa natureza “pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise rigorosa e criteriosa desse tipo de informação, isto é, **não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las**” (MORAES, 2003, p.191 – grifo nosso), o que vai ao encontro dos propósitos das pesquisas na área de ensino.

Outro aspecto é a intenção do autor desta pesquisa de estudar as concepções, discursos e teorias identificadas nos estudantes da disciplina de Análise Ambiental no Curso Técnico em Química. Dessa sorte, a abordagem qualitativa, conforme destaca Triviños (1987), é indicada e de grande contribuição para este estudo uma vez que, entre outras características, constam as seguintes:

1^a) A pesquisa qualitativa tem o **ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave**; 2^a) A pesquisa qualitativa é **descritiva**; 3^a) Os **pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo** e não simplesmente com os resultados e o produto; 4^a) Os pesquisadores qualitativos tendem a **analisar seus dados Indutivamente**; 5^a) **O significado é a preocupação essencial** na abordagem qualitativa” (TRIVIÑOS, 1987, p.128-130 – grifos nossos)

Frente ao objetivo geral da presente pesquisa, a partir das asserções de Gil (2002), encontrou-se outro critério de classificação que leva a considerá-la do tipo descritiva, uma vez que:

As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a **descrição das características de determinada população** ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis (...) e uma de suas

características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e **a observação sistemática** (GIL, 2002, p.42 – grifos nossos).

Em vista de tais observações, este estudo se identificou com a pesquisa descritiva, uma vez que sua preocupação é investigar o problema da ACT e suas relações com os estudantes, além de aprimorar o conhecimento sobre as possibilidades do trabalho com uma temática envolvendo um enfoque CTS para o ensino de ciências a partir da observação do desenvolvimento da UD elaborada.

Outro detalhe determinante na classificação da pesquisa diz respeito ao seu delineamento e, de acordo com Gil (2002), “o elemento mais importante para a identificação de um delineamento é o procedimento adotado para a coleta de dados” (p.43). Assim, esta pesquisa se enquadra como participante, uma vez que “caracteriza-se pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas” (GIL, 2002, p.55), ou ainda, segundo Selltiz *et al.* (1987), na observação participante:

Os dados geralmente são qualitativos (...) são registrados como notas de campo escritas, (...) os observadores participantes se inserem na situação de pesquisa e na vida das pessoas que estudam. Embora as notas de campo e os relatórios de pesquisa usem nomes fictícios, os sujeitos da pesquisa não são anônimos para o observador participante (SELLTIZ *et al.*, 1987, p.79).

Ante o exposto, concluiu-se que as características desta pesquisa levaram a classificá-la como: qualitativa, pela sua natureza; descritiva, no que diz respeito ao seu objetivo e participante, quanto ao seu delineamento.

Na sequência, estão apresentados detalhes sobre o instrumento de pesquisa que permitiu a constituição dos dados, a saber: a UD, os diários de bordo e os questionários.

3.3 O INSTRUMENTO DE PESQUISA E A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

Para viabilizar o enfrentamento do problema de pesquisa delineado, ou seja, *Quais as possibilidades do uso do enfoque CTS no ensino Técnico em Química a partir da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial?*, este trabalho se dedicou à construção de uma Unidade Didática que permitisse discutir o amplo espectro de questões aí envolvidas, por intermédio da qual puderam ser constituídos

os dados da pesquisa.

A partir do contato com a organização escolar na qual está inserido o Curso Técnico em Química, foi identificada a possibilidade de fusão dos dois encontros semanais de cinquenta minutos cada, previstos na carga horária da disciplina de Análise Ambiental, resultando no trabalho com aulas geminadas, totalizando dez encontros de cem minutos cada um. Assim, planejou-se a estrutura da UD com dez aulas, reservando-se espaço para a discussão dos conteúdos da disciplina sob enfoque da temática IAAI, o que pode ser conferido integralmente no apêndice 1 deste trabalho.

No tocante à definição dos conteúdos de cada aula, procedeu-se de forma que, a partir do programa da disciplina de Análise Ambiental, foi organizada uma sequência de temas e aulas em conexão com os referenciais teóricos, sobretudo aqueles relacionados com os parâmetros de Alfabetização Científica e de Alfabetização Tecnológica, como em Shen (1975), Milaré; Richetti; Pinho Alves (2009), Santos (2007) e Bocheco (2011), de maneira que a UD apresentasse alinhamento com tais parâmetros, uma vez que neles esta pesquisa se fundamentou a fim de se definirem categorias de análise na interpretação do *corpus* da pesquisa.

Na elaboração da Unidade Didática foi adotado como norte referencial a educação crítica, defendida por Freire (1987). A partir disso, houve a preocupação de conferir uma perspectiva de problematização para os conteúdos das aulas, de forma que se preconizou um processo cuja dinâmica de diálogos e questionamentos entorno dos conteúdos foi uma constante, tendo como pano de fundo a temática IAAI. Tal aspecto se reflete na organização e desenvolvimento da UD, com o intuito fomentar entre os estudantes a discussão sobre os conteúdos no sentido de analisar as implicações e relações presentes no contexto da prática profissional, buscando um movimento em direção à formação crítica dos futuros profissionais Técnicos em Química.

Nesse sentido, a dinâmica do trabalho em aula contemplou um momento inicial em que foram apresentados os conteúdos aos estudantes de forma a garantir espaço para a expressão de seus conhecimentos prévios, ou históricos, acerca dos temas em discussão. Cada uma das aulas iniciava questionamentos aos estudantes envolvendo o assunto específico, a partir do que era lançada uma polêmica, ou criado um ambiente de curiosidade e também aberta uma via de investigação, pelo pesquisador, acerca dos conhecimentos ou posicionamentos dos estudantes em

relação a pauta de aula.

Na sequência, o planejamento da UD previu um tratamento mais direto e estruturado dos temas e conteúdos específicos, de forma que se contemplasse a problematização de situações e concepções do cotidiano profissional, levando os estudantes a organizar ideias, rever conceitos, esclarecer e aprofundar os conteúdos e analisar a relação entre a profissão e os conhecimentos formais sobre a ciência e a tecnologia em interação com a sociedade.

Em cada uma das dez aulas desenvolvidas, foi utilizado um conjunto de ferramentas que permitiram constituir os dados da pesquisa, a saber: **a) atividades propostas**: presentes em cada uma das dez aulas, espaço em que os estudantes foram incentivados a expressar opiniões acerca dos temas abrangidos e expor seu raciocínio sobre os mesmos; **b) diários de bordo (estudantes)**: ao término de cada encontro, os estudantes foram solicitados a expor opiniões sobre o desenvolvimento e a dinâmica empregados na organização de cada aula; **c) diários de bordo (professor)**: espaço para o registro da impressão do professor a respeito do desenvolvimento de cada aula; **d) questionários de conclusão**: objetivando investigar as compreensões dos estudantes acerca de temas centrais das aulas da UD; **e) questionários de avaliação final**: espaço para a avaliação subjetiva dos estudantes sobre a metodologia de desenvolvimento da UD. Além de tais ferramentas, foram gravados áudios das aulas com o intuito de providenciar uma base de apoio ao pesquisador durante o processo de análise dos dados.

Os partícipes da pesquisa são os sete integrantes da turma de quarto ano do Curso Técnico em Química, o que resultou no *corpus* de pesquisa do quadro 5.

corpus da pesquisa	número de participantes
32 Diários de bordo do estudante – (DB)	Sete Estudantes
07 Questionários final – (QF)	
07 Questionários de avaliação – (QA)	
50 Atividades Propostas – (AP) ⁷	
10 Diários de bordo do professor – (DP)	Um Professor

QUADRO 5 – COMPOSIÇÃO DO *CORPUS* DA PESQUISA

Fonte: O autor (2016)

⁷ Conforme metodologia, na constituição dos dados são fontes centrais os Diários de Bordo dos estudantes e os Questionários Final e de Avaliação. Foram analisadas apenas algumas Atividades Propostas. Os materiais das análises podem ser localizados no Apêndice 6 desta dissertação.

O conjunto de informações provenientes das ferramentas citadas, destinadas à constituição dos dados da pesquisa, visaram contemplar uma importante estratégia da pesquisa qualitativa, a triangulação de dados, que “tem por objetivo básico abranger a máxima amplitude na descrição, explicação e compreensão do foco em estudo” (TRIVIÑOS, 1987, p.38). Pensando nisso, se buscou aglutinar informações suficientes para que as afirmações decorrentes das análises pudessem contar com o devido respaldo.

3.4 ESTUDO DE ANÁLISE AMBIENTAL A PARTIR DA TEMÁTICA IAAI

A aplicação da Unidade Didática produzida, destinada ao desenvolvimento da disciplina de Análise Ambiental, ocorreu de maneira tal que procurou atender tanto o exposto na ementa quanto no planejamento anual da disciplina. A esses documentos e seus respectivos conteúdos foi prevista uma ação direcionando as discussões e incluindo aspectos dos parâmetros de AC e AT organizados por Bocheco (2011). Procurou-se não interferir na estrutura básica da ementa disciplinar, uma vez que ela estava definida antes da intervenção deste estudo. Entretanto, propôs-se a ampliação dos aspectos discutidos em seus respectivos conteúdos. Dessa forma, a estratégia do uso de uma abordagem temática tratando do Impacto Ambiental da Atividade Industrial se mostrou bastante pertinente aos objetivos da pesquisa.

A partir da temática IAAI, em cada uma das dez aulas da UD, os conteúdos foram interpretados de maneira a se identificar potenciais discussões englobando os quatro parâmetros de AC e dos três parâmetros de AT expostos nos quadros abaixo. A discussão sobre as articulações entre tais parâmetros e os conteúdos da disciplina de Análise Ambiental trabalhados a partir da temática IAAI estão presentes no próximo capítulo.

Alfabetização Científica		
parâmetros	o que consiste? (abordagem)	como abordar no evento ou tema CTS?
Alfabetização Científica Prática	Através do conhecimento científico compreender fenômenos naturais, processos e o funcionamento de artefatos tecnológicos presentes no dia a dia.	Identificar conceitos científicos e elementos da linguagem científica que permitam aos estudantes representar e entender um fenômeno natural, um processo ou um artefato tecnológico.
Alfabetização Científica Cívica	Estimular os estudantes a lidarem com decisões, individuais e coletivas, relacionadas à saúde, meio ambiente e	Identificar pontos de conflito e discussão que permitam os estudantes contextualizarem socialmente os conceitos

	o bem-estar social.	científicos, elementos da linguagem científica e aspectos sócio-científicos.
Alfabetização Científica Cultural	Desencadear um ensino de ciências que leve em consideração o contexto histórico, filosófico e social dos conhecimentos científicos, bem como ficar atento a determinadas re-significações populares de determinados conceitos científicos.	Identificar o contexto histórico de desenvolvimento ou evolução dos conceitos científicos e elementos da linguagem científica: ou seja, a oportunidade de proporcionar discussões filosóficas e sociológicas da Ciência.
Alfabetização Científica Econômica ou Profissional	Consiste em abordar conceitos científicos e elementos da linguagem científica mais específicos e complexos que não possuem tanta aplicabilidade no dia a dia, mas que possuem relevância em determinadas áreas profissionais e que por vezes se enquadram com o setor produtivo. A idéia é estimular o interesse dos estudantes pela área científica e tecnológica.	Identificar no evento ou tema conceitos científicos e elementos da linguagem científica específicos e complexos com pouca aplicabilidade no dia a dia, mas importantes a uma área profissional ou do setor produtivo.

QUADRO 6 – PARÂMETROS DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

FONTE: BOCHCO (2011, p.131)

O quadro 7, na sequência, apresenta uma estrutura semelhante ao quadro anterior; nele se encontram organizados os três parâmetros de Alfabetização Tecnológica e a respectiva relação com sua forma de abordagem no ensino de ciências com enfoque CTS.

Alfabetização Tecnológica		
parâmetros	o que consiste? (abordagem)	como abordar no evento ou tema CTS?
Alfabetização Tecnológica Prática	Consiste em oportunizar aos estudantes a compreensão de conhecimentos tecnológicos imersos em aparatos tecnológicos do dia a dia.	Identificar elementos da linguagem tecnológica (termos técnicos, gráficos, histogramas, tabelas, símbolos de periculosidade), técnicas e habilidades de manuseio dos aparatos tecnológicos.
Alfabetização Tecnológica Cívica	Promover discussões acerca da sociotecnologia. Basicamente contextualizar socialmente a atividade tecnológica.	Identificar potenciais de debates existentes 1) entre a tecnologia e as atividades econômica e industrial; 2) entre a tecnologia e as atitudes responsáveis de profissionais (engenheiros, tecnólogos), usuários e consumidores. Identificar potenciais de debates sobre os valores, códigos de ética, hábitos e crenças de progresso, tendências de estética e beleza que permeiam a atividade tecnológica. Identificar regulamentações, normas e padrões de qualidade tangentes a circulação de produtos tecnológicos
Alfabetização Tecnológica	Consiste em discutir a respeito da natureza da tecnologia, suas	Identificar potencial para problematizar a natureza da tecnologia e sua relação com

Cultural	implicações com a ciência e a sociedade.	a ciência e a sociedade. Enfim, identificar algum ponto do evento ou tema que permita abrir a seguinte pergunta: o que é Tecnologia? De forma que a mesma seja respondida com base em uma concepção de Tecnologia.
-----------------	--	--

QUADRO 7 – PARÂMETROS DE ALFABETIZAÇÃO TECNOLÓGICA

FONTE: BOCHECO (2011, p.134)

A partir da observação dos quadros, é possível identificar de que maneira a temática definida para o trabalho nas aulas da UD poderiam se articular com os parâmetros de AC e de AT, como é discutido mais adiante. No tópico seguinte, está estabelecido um panorama acerca da metodologia adotada no processo de análise dos dados da pesquisa.

3.5 METODOLOGIA DA ANÁLISE: a Análise Textual Discursiva

Apresentam-se aqui detalhes a respeito da metodologia que foi adotada para proceder à análise dos dados constituídos nesta pesquisa, a Análise Textual Discursiva (ATD).

A Unidade Didática, inicialmente elaborada e então desenvolvida com os conteúdos da disciplina de Análise Ambiental, permitiu que se chegasse ao *corpus* da pesquisa e seus dados, que foram analisados pela ATD, metodologia cujos procedimentos prático-metodológicos foram organizados por Moraes (2003) e Moraes e Galiuzzi (2006).

O interesse na opção pela ATD surgiu em vista da possibilidade de que, uma vez analisados, os dados constituídos permitem estruturar um texto capaz de congrega as visões de mundo dos participantes da pesquisa. Tal material é composto por concepções, opiniões, defesas, verdades presentes em seus respectivos discursos, aspectos de interesse a serem analisados no âmbito de uma pesquisa com abordagem qualitativa do grupo descritiva, tal como esta.

Na prática, a metodologia da ATD parte de: a) um texto produzido pelos sujeitos da pesquisa ao serem investigados; b) o texto então é submetido a um trabalho posterior de unitarização, consistindo em uma primeira análise do texto original que; c) irá gerar a identificação de unidades de significado; d) as quais por sua vez, articuladas entre si, permitirão definir uma categorização que leva aos

metatextos analíticos (MORAES; GALIAZZI, 2006, 2007).

Na unitarização, processo inicial da ATD, o trabalho é dedicado à identificação de unidades elementares de sentido, procurando destacar ideias acerca do tema pesquisado, atribuindo-lhes denominações. Em seguida, estabelecidas as unidades de significado, elas serão os elementos possibilitadores de uma reconstrução, um processo de montagem de uma nova conjuntura discursiva, um novo sentido, agora sob a visão do pesquisador em convergência com o objetivo da pesquisa. No caso desta pesquisa, isso consistiu na busca por uma identidade entre as unidades de análise e as categorias de análise definidas *a priori*, ou entre elementos significativos presentes nos textos produzidos pelos estudantes e os parâmetros de AC e AT adotados aqui como categorias *a priori*, oriundas dos parâmetros já apresentados ao final do capítulo II, a saber, lembrando: ACPrática; ACCívica; ACCultural; ACProfissional; ATPrática; ATCívica; ATCultural.

Segundo Moraes e Galiazzi (2006, 2007), a articulação entre as categorias e as unidades de análise resultantes da unitarização dos textos tem a faculdade de possibilitar o surgimento de outros significantes, o que pode apontar para novas categorias, denominadas como categorias emergentes. Assim, ainda que existam as categorias *a priori*, o processo de análise dos dados deverá ser extremamente rigoroso e criterioso, de forma a tornar viável que o pesquisador perceba o surgimento de algo novo, o “novo emergente” (MORAES, 2003), que possa vir a configurar outra categoria de análise.

Fruto de todo esse percurso, o metatexto resultará, ao final, numa forma que permitirá a identificação de novos significados a partir do discurso original, das expressões e ideias expostas ao início da investigação e constituintes do *corpus* da pesquisa. Esse novo discurso será ainda fruto da interpretação indutiva do pesquisador. A indutividade do pesquisador tem relação direta com a “intensidade de envolvimento nos materiais da análise, **dependendo ainda dos pressupostos teóricos e epistemológicos que o pesquisador assume** ao longo de seu trabalho” (MORAES, 2003, p.210 – grifo nosso).

Em síntese, pode-se afirmar que a ATD lança o pesquisador em um movimento de interpretação direcionada, isto é, a interpretação de dado discurso ocorre a partir da visão do pesquisador, à luz de seus referenciais teóricos. Como resultado, o que se tem é a comunicação de novas compreensões (MORAES, 2003), uma comunicação que carregará as marcas da interpretação do pesquisador.

O capítulo seguinte condensou o material resultante dos esforços realizados nesta pesquisa com o intuito de fazer com que surgissem dados suficientemente consistentes para que, mediante cuidadosa análise, se tornasse possível demonstrar uma convergência entre as defesas dos referenciais teóricos assumidas por este pesquisador e a intencionalidade e objetivos deste trabalho. Se houve êxito, as análises e as posteriores discussões constantes do quarto capítulo, que se segue, poderão demonstrá-lo.

CAPÍTULO IV – POSSIBILIDADES DO ENFOQUE CTS UTILIZANDO A TEMÁTICA “IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL”

Neste capítulo, é apresentada uma análise dos dados constituídos a partir da elaboração e desenvolvimento da Unidade Didática “Impacto Ambiental da Atividade Industrial” em uma turma do quarto ano do Curso Técnico em Química e da reflexão sobre os diários de bordo dos estudantes participantes da pesquisa, bem como do diário de bordo do professor-pesquisador, autor deste trabalho, além dos respectivos questionários, final e de avaliação. Durante as análises, em algumas situações foram também consideradas informações presentes nas atividades propostas para as aulas da UD.

Para isso, inicialmente descrevemos como ocorreu a elaboração e o desenvolvimento das atividades propostas em sala de aula e, na sequência, são realizadas algumas considerações sobre esse processo. Posteriormente, a partir da metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD) analisaram-se os dados constituídos com a finalidade de refletir em que medida a abordagem proposta contribuiu com o processo de alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, baseados nos parâmetros propostos por Bochecho (2011).

4.1 PERCURSO DE PRODUÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

Para se alcançar o objetivo desta pesquisa, nos dedicamos à produção de uma Unidade Didática composta por dez aulas. Esta pesquisa partiu do interesse inicial de seu autor pelo ensino de ciências com enfoque CTS, a partir do que, se buscou aprofundar os conhecimentos com a necessária revisão de literatura, abrangendo trabalhos produzidos pela área da pesquisa em ensino de ciências, através do que se chegou aos parâmetros para a AC e AT de Bochecho (2011).

Norteados pela organização destes conhecimentos, reunidos na etapa inicial da pesquisa, optou-se pela temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial para introduzir os conteúdos de forma que permitissem relacionar o currículo da disciplina de Análise Ambiental e os parâmetros de AC e AT, e construir uma dinâmica de aula visando o enfoque CTS.

Aula a aula foram identificados conteúdos e elaborados os respectivos planos

de trabalho, chegando-se ao que está identificado no quadro 8, lembrando que o conteúdo completo das dez aulas da UD se encontra anexado a este trabalho, em seu quinto apêndice.

AULA	CONTEÚDOS	TEMAS (roteiros de aula)
1	Histórico ambiental: acidentes envolvendo a poluição hídrica e atmosférica.	<i>A doença de Minamata e o desastre de Bhopal</i>
2	Radiações solares e efeitos dos gases no ar atmosférico.	<i>Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências</i>
3	Interações ozônio – radiações solares; poluentes atmosféricos; ozônio de baixa altitude.	<i>Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana</i>
4	Efeito estufa; atividades humanas; aquecimento global; teorias e conhecimentos científicos.	Documentário: 'A Grande Farsa do Aquecimento Global' ou 'The Great Global Warming Swindle'
5	Água; parâmetros de qualidade; eficiência de tratamento.	<i>Águas comerciais e águas de redes de abastecimento</i>
6	Água; parâmetros de qualidade; eficiência de tratamento.	<i>Contaminantes nas águas consumidas pela população</i>
7	Tratamentos físicos, químicos e biológicos de águas; leis para a classificação de corpos d'água.	<i>Tratando nossos esgotos</i>
8	Tratamento de águas; tratamento de efluentes industriais; processos oxidativos avançados.	<i>Tratamentos de água e as alternativas possíveis</i>
9	Produção, consumo e destinação final de produtos industrializados; ciclo de vida das embalagens/produtos; gerenciamento de resíduos.	<i>Ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente</i>
10	Concepções sobre a natureza da tecnologia.	<i>Analisando e filosofando sobre a tecnologia</i>

QUADRO 8 – RELAÇÃO DE AULAS, CONTEÚDOS ESPECÍFICOS E RESPECTIVOS TEMAS

Fonte: O autor (2016)

A definição dos temas propostos, que foram desenvolvidos em cada aula, levou em consideração seu respectivo potencial de trabalho e discussões envolvendo os aspectos previstos nos parâmetros de AC e de AT, de forma que em seu conjunto as dez aulas contemplaram a abordagem de questões relacionadas com a ACPrática; ACCívica; ACCultural; ACProfissional e com a ATPrática; ATCívica e ATCultural, conforme o demonstrado no quadro 9 a seguir.

PARÂMETROS (potencial)	ASPECTOS DA TEMÁTICA IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL	AULA
Alfabetização Científica Prática	- Analisar a importância do conhecimento de processos que utilizam cadeias reativas orgânicas na atividade industrial para intervir nas possibilidades e consequências do seu uso; - Compreender o mecanismo de contribuição da atividade industrial ao	(1); (2); (3); (9);

	<p><i>smog</i> fotoquímico e as alternativas possíveis para o seu controle;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discutir o impacto socio-ambiental dos modelos de produção; - Compreender as relações entre gestão da qualidade da água, saúde, segurança da população - Compreender a relação existente entre tipos de radiações solares, efeito estufa e o aquecimento global. 	(6)
Alfabetização Científica Cívica	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar os efeitos à saúde e ao ambiente advindos da atividade industrial; - Compreender o mecanismo de contribuição da atividade industrial ao <i>smog</i> fotoquímico e as alternativas possíveis para o seu controle; - Analisar as implicações à população decorrentes do comportamento de diferentes tipos de radiações na dinâmica do efeito estufa; - Compreender as consequências da presença de poluentes emergentes na água; <ul style="list-style-type: none"> - Compreender como a atividade industrial pode levar a perda da biodiversidade; - Interpretar conteúdos e informações resultantes de análises de corpos hídricos e deprender suas consequências a população. 	(1); (2); (3); (6); (7)
Alfabetização Científica Cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar eventos históricos de acidentes envolvendo a poluição atmosférica e a poluição hídrica; - Compreender historicamente a evolução da concepção de postura ambiental na atividade industrial; - Compreender a interação entre fenômeno do efeito estufa e as atividades humanas e sua relação com a construção das teorias sobre o aquecimento global; - Compreender as relações entre decisões políticas e a produção científica em questões referentes ao aquecimento global; - Analisar a influência do uso do princípio da precaução nas decisões sobre controle e tratamento da qualidade da água para o consumo humano 	(1); (2); (4); (6).
Alfabetização Científica Profissional	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar consequências decorrentes dos modelos de produção para plásticos e agrotóxicos; - Compreender a possibilidade de impactos ao ambiente e a sociedade decorrentes das decisões sobre processos produtivos; - Compreender as possibilidades do emprego dos processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes; - Identificar como os processos de produção podem contribuir para a geração do ozônio troposférico 	(1); (3); (8); (9).
Alfabetização Tecnológica Prática	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender as tecnologias empregadas nos tratamentos de água e suas consequências à população; - Diferenciar as diversas soluções tecnológicas para o tratamento de água 	(6); (7).
Alfabetização Tecnológica Cívica	<ul style="list-style-type: none"> - Discutir a necessidade do emprego de alternativas tecnológicas para o tratamento de águas; - Analisar as relações entre o emprego de tecnologias na produção de itens de consumo e a geração de resíduos; <ul style="list-style-type: none"> - Analisar as diferentes tecnologias de tratamento de água para o consumo humano e os fatores que levam a sua definição; - Discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas para tratamento de águas e efluentes; - Discutir a influência dos interesses político-econômicos na definição dos parâmetros de qualidade de água; - Compreender os princípios da engenharia verde e sua relação com a produção industrial; - Discutir como as tecnologias de produção podem provocar efeitos à sociedade tais como geração de resíduos não recicláveis; - Compreender as relações entre o desenvolvimento e a aplicação de conhecimentos e soluções tecnológicas e seus efeitos sobre o cotidiano 	(5); (6); (8); (9); (10)

	do cidadão comum.	
Alfabetização Tecnológica Cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar as relações entre a tecnologia e o ser humano; - Discutir sobre as diferentes possibilidades de concepções acerca da tecnologia; - Analisar as influências socio-políticas sobre a tecnologia 	(10)

QUADRO 9 – RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE AC E AT E ASPECTOS DA TEMÁTICA IAAI

Fonte: O autor (2016)

Esse processo de produção da UD foi uma etapa preliminar da pesquisa, tendo sido desenvolvida no ano que antecedeu o trabalho em sala de aula com os estudantes, de forma que, no início do ano letivo de 2015, ano de aplicação da UD, o material estava concluído. Na prática, contou-se com uma turma de número reduzido de estudantes, sete ao todo, os únicos a alcançar o quarto e último ano do Curso Técnico em Química no ano de 2015.

4.2 A UNIDADE DIDÁTICA NA PRÁTICA: os dez temas

Para tratar especificamente o que concerne ao desenvolvimento da UD aula a aula, são apresentados detalhes sobre os objetivos propostos em cada uma delas, a partir de seus respectivos temas, os quais figuraram como estrutura central das discussões realizadas em aula associados aos aspectos das categorias de análise mais pertinentes a cada situação, sendo que em determinadas aulas se mostrou possível o trabalho com mais de uma categoria, ao passo que houve aulas com temas mais restritos, ou mais específicos, em que foi possível abranger poucas categorias.

Assim, nos próximos subtópicos são apresentados detalhes acerca da forma de trabalho com os temas específicos das dez aulas da UD, bem como seus respectivos objetivos e as categorias de análise que puderam ser contempladas ao longo do desenvolvimento.

4.2.1 Tema 1 – A doença de Minamata e o desastre de Bhopal

O tema deste primeiro encontro do desenvolvimento da UD teve por objetivo tratar dos conteúdos “poluição hídrica e atmosférica” relacionados à atividade industrial, considerando os efeitos adversos à saúde humana resultantes da

contaminação por metais pesados e produtos químicos industriais, discutindo as consequências da atividade humana e os efeitos da postura de segurança ambiental assumida em relação aos processos produtivos na atividade industrial.

A partir de dois casos de acidentes ambientais históricos e de grandes proporções, relacionados com processos produtivos, um no Japão entre 1936 e 1966 e outro na Índia em 1984, foram inseridas discussões sobre aspectos da ciência, da tecnologia e da sociedade na dinâmica da aula.

Intervenção: Inicialmente foram colocados aos estudantes questionamentos tais como: I. vocês conhecem algum acidente provocado pelo ser humano que tenha alcançado grande impacto e causado males a população ou ao ambiente natural?; II. vocês conhecem algum tipo de elemento ou composto químico capaz de provocar males à saúde humana?; III. vocês tem conhecimento de uma enfermidade denominada Mal de Minamata?; IV. o que vocês pensam sobre os cuidados com segurança ambiental associados à indústria química?

A introdução de tais questionamentos objetivou provocar o raciocínio dos estudantes acerca da poluição ambiental e as consequências sociais, decorrentes da atividade antropogênica, de forma que pudessem estabelecer relações com o próprio cotidiano e a realidade conhecida ou vivenciada.

Envolvida por tal contexto, a turma foi orientada à leitura do texto '*AULA 1 – A doença de Minamata e o desastre de Bhopal*', especialmente produzido para fomentar as discussões do desenvolvimento da aula, após o que teve espaço a elaboração da *atividade proposta*, a qual consistiu na redação de um conjunto de normas que, quando aplicadas às situações discutidas, permitissem ampliar o controle das atividades industriais de forma a evitar a ocorrência de acidentes similares.

Categorias envolvidas: nesta situação a intencionalidade no trabalho foi abranger os seguintes aspectos das categorias de análise: a) *ACPrática*: analisar a importância do conhecimento de processos que utilizam cadeias reativas orgânicas na atividade industrial para intervir nas possibilidades e consequências do seu uso; discutir o impacto socio-ambiental dos modelos de produção; b) *ACCívica*: analisar os efeitos à saúde e ao ambiente advindos da atividade industrial; compreender como a atividade industrial pode levar à perda da biodiversidade; c) *ACCultural*: analisar eventos históricos de acidentes envolvendo a poluição atmosférica e a poluição hídrica; compreender historicamente a evolução da concepção de postura

ambiental na atividade industrial; d) *ACProfissional*: analisar consequências decorrentes dos modelos de produção para plásticos e agrotóxicos; compreender a possibilidade de impactos ao ambiente e à sociedade decorrentes das decisões sobre processos produtivos.

4.2.2 Tema 2 – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências

Este segundo tema foi estruturado com o objetivo de abranger a dinâmica do fenômeno atmosférico natural do efeito estufa; discutir aspectos da interferência humana em tal fenômeno a partir de suas atividades; e abordar as relações entre aumento do efeito estufa e a ocorrência do aquecimento global.

Intervenção: A aula foi iniciada com a apresentação de um experimento para simulação do efeito estufa, “O efeito estufa diante de seus olhos!”, conforme pode ser conferido no apêndice 5 deste trabalho, permitindo evidenciar o aquecimento da água em ambiente fechado, como em uma estufa, em comparação com o ambiente aberto. Este simulador possibilitou aproximar os estudantes da dinâmica atmosférica de nosso planeta e foi empregado como mote ao lançamento das seguintes questões: I. como vocês descreveriam o mecanismo do fenômeno atmosférico do efeito estufa?; II. vocês consideram que o efeito estufa e o aquecimento global são a mesma coisa?; III. vocês sabem quais tipos de radiações estão relacionadas com a ocorrência do efeito estufa ou do aquecimento global?; IV. que importância vocês consideram que o efeito estufa ou o aquecimento global possam ter para os seres humanos?; V. vocês consideram que há evidências científicas suficientes para afirmar que existe um aquecimento global em consequência das atividades humanas?

Na sequência foi desenvolvida a leitura do texto '*AULA 2 – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências*', elaborado para esta aula, abordando em especial a questão das radiações solares e os efeitos dos gases no ar atmosférico.

Como fechamento deste encontro, a turma foi orientada para a realização da *atividade proposta*, envolvendo a explicação do fenômeno natural do efeito estufa para que um hipotético visitante extraterrestre conseguisse entendê-lo.

Categorias envolvidas: esse tema foi idealizado de maneira a possibilitar discussões relacionadas com os seguintes aspectos das categorias de análise: a) *ACPrática*: compreender a relação existente entre tipos de radiações solares, efeito

estufa e o aquecimento global; b) *ACCívica*: analisar as implicações à população decorrentes do comportamento de diferentes tipos de radiações na dinâmica do efeito estufa; c) *ACCultural*: compreender a interação entre fenômeno do efeito estufa e as atividades humanas e sua relação com a construção das teorias sobre o aquecimento global.

4.2.3 Tema 3 – Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana

Como forma de continuidade do tema 2, cujos conteúdos não se restringiram a um único encontro, o tema 3 objetivou discutir as características das radiações provenientes da energia solar; o comportamento atmosférico sob efeito da radiação ultravioleta; o comportamento dos poluentes atmosféricos; a reação de formação do ozônio troposférico e o fenômeno do *smog* fotoquímico.

Intervenção: O desenvolvimento foi iniciado a partir dos seguintes questionamentos lançados à turma: I. quais os tipos de radiações provenientes da energia solar que vocês conhecem?; II. o que vocês sabem sobre a presença do ozônio na atmosfera terrestre?; III. vocês conseguem especificar em que região da atmosfera pode ser localizado o ozônio?; IV. vocês conseguem identificar quais são os efeitos decorrentes da interação entre o ozônio e os seres vivos na Terra?; V. vocês conhecem os efeitos das atividades humanas sobre o comportamento da atmosfera em ambientes urbanos?

Tais questões consistiram em subsídio aos estudantes no sentido de processarem uma análise acerca de aspectos referentes às consequências da presença do gás ozônio em camadas atmosféricas de baixas altitudes, além da discussão a respeito da qualidade do ar de centros urbanos. Neste sentido a turma foi organizada para uma leitura, em voz alta, do texto '*AULA 3 – Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana*', contendo, entre outros conteúdos, valores aferidos e tabelados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) sobre a poluição atmosférica de centros urbanos, características do ozônio, sua distribuição na atmosfera, a formação deste composto em baixas altitudes em decorrência das atividades humanas, abordando também seus efeitos sobre os seres vivos.

Como fechamento das discussões deste terceiro encontro, na *atividade proposta*, os estudantes organizados em duplas, foram orientados a retomar as

questões iniciais no sentido de corrigí-las ou aprimorá-las, para que em seguida elaborassem regulamentações endereçadas a governantes, empresários e cidadãos em geral, estabelecendo parâmetros para: a mobilidade urbana; o uso de energia e os processos produtivos, no contexto de cidades com elevados níveis de ozônio troposférico.

Categorias envolvidas: a intencionalidade do trabalho com este tema frente as categorias de análise procurou viabilizar a abordagem de aspectos como: a) *ACPrática*: compreender os efeitos da industrialização nos fenômenos do efeito estufa e do *smog* fotoquímico; b) *ACCívica*: compreender o mecanismo de contribuição da atividade industrial ao *smog* fotoquímico e as alternativas possíveis para o seu controle; c) *ACProfissional*: identificar como os processos de produção podem contribuir para a geração do ozônio troposférico.

4.2.4 Tema 4 – 'A Grande Farsa do Aquecimento Global'

O propósito deste quarto tema foi abranger análises sobre a possibilidade de interesses particulares interferirem, ou se prevalecerem, do uso de informações e teorias envolvendo conhecimentos científicos. O ponto de discussão girou entorno da relação entre a ação humana e sua eventual interferência no equilíbrio atmosférico, provocando um incremento no fenômeno natural do efeito estufa e, como consequência, no fenômeno do aquecimento global.

Para tanto foram selecionados 44 minutos de trechos do documentário “A Grande Farsa do Aquecimento Global”, produzido pelo canal de televisão *Channel4*, do Reino Unido, a partir do qual se procurou discutir as relações entre a defesa de certas teorias científicas e suas fundamentações em conhecimentos científicos.

Intervenção: Inicialmente os estudantes receberam os seguintes questionamentos: I. qual o conhecimento que vocês tem sobre a teoria do aquecimento global do Planeta?; II. que relação vocês podem fazer entre atividades humanas e o ambiente natural e a responsabilidade destas pelo aquecimento global?; III. vocês consideram que os cientistas, em seu trabalho de elaboração das teorias científicas, permanecem imparciais e indiferentes a qualquer influência que seja externa a este trabalho?; IV. vocês consideram que algo atestado como “cientificamente comprovado” deve ser aceito de forma segura e sem necessidade de questionamentos?; V. vocês consideram que uma teoria científica possa ter seus

resultados influenciados pelo ser humano?; VI. vocês consideram que um único fato ou informação, sendo bastante consistente, pode comprovar uma teoria científica?

Em seguida, ao assistirem o documentário os estudantes foram levados a confrontar os conhecimentos que possuíam acerca das causas do aquecimento global, e outro ponto de vista apresentando a ideia da inexistência de relação entre o aquecimento global e a ação antropogênica, levantando a questão da articulação de interesses político-econômicos na manipulação do conhecimento científico em associação com o poder da mídia.

Como *atividade proposta* os estudantes, reunidos em equipes, foram levados a: a) debater o tema e (re)elaborar respostas para os questionamentos do início da aula; b) se posicionarem e defenderem seus argumentos a respeito de que o conhecimento sobre as quantidades de CO₂ emitidas pelas atividades humanas permite se afirmar que tal gás seja a causa do aquecimento global em nosso planeta; c) exporem sua compreensão acerca de que tipos de variáveis podem ser levadas em consideração ou apresentam influência na construção do trabalho científico?

Quanto a visão de contra ponto às ideias apresentadas no documentário, estas ficaram por conta dos conhecimentos organizados pelos estudantes acerca dos temas “efeito estufa e aquecimento global”, uma vez que tais conceitos foram abordados nas aulas 2 e 3 anteriores, momento em que foi possível identificar que a visão dos estudantes era coincidente com as ideias hegemonicamente difundidas pelos meios de comunicação de massa, que defendem, entre outros aspectos, a existência de uma relação direta entre atividades antropogênicas e o aumento da produção de gases de efeito estufa, o que como consequência desencadeia a constatação do aquecimento global.

Categorias envolvidas: o tema contribuiu com a articulação de uma interessante polêmica, cujo encaminhamento intencionalmente procurou trabalhar os seguintes aspectos das categorias de análise: a) *ACCívica*: compreender as relações entre decisões políticas e a produção científica em questões referentes ao aquecimento global; b) *ACCultural*: compreender a interação entre o fenômeno do efeito estufa e as atividades humanas e sua relação com a construção das teorias sobre o aquecimento global.

4.2.5 Tema 5 – *Águas comerciais e águas de redes de abastecimento*

No quinto tema da UD foi adotada uma dinâmica de degustação de águas e o contato com parâmetros exigidos e recomendados para a qualidade de águas para o consumo humano, como forma de inserir os estudantes no contexto das discussões programadas, propiciando espaço e argumentos para o diálogo neste sentido.

O direcionamento dado procurou abranger o conteúdo dos parâmetros de qualidade de água para o consumo humano e a segurança dos padrões aplicados pelos documentos oficiais, os quais regulamentam os serviços de tratamento e o setor de comercialização de águas para o consumo humano.

Intervenção: Para tanto o momento inicial contou com a atividade '*teste de degustação*', na qual os estudantes provaram águas de três diferentes garrafas, descaracterizadas, sendo: 1. água mineral comercial; 2. água tratada da rede de abastecimento e filtrada em purificador de água; 3. água tratada da rede de abastecimento e filtrada por velas de carvão ativado em filtro de barro, devendo classificá-las conforme cor, odor e preferência individual de paladar.

Na sequência foram lançados questionamentos para respostas orais e discussões abordando o seguinte: I. vocês sabem quais as exigências e os padrões para a comercialização de águas envazadas, como água mineral ou gaseificada?; II. vocês sabem quem regulamenta essas exigências?; III. vocês conhecem os parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano?; IV. vocês sabem qual(is) o(s) órgão(s) responsável(eis) pelo controle e regulamentação de cada um destes parâmetros?

De forma a dar andamento ao processo a turma passou a estudar os materiais do roteiro '*Aula 5 – águas comerciais e águas de redes de abastecimento*' composto de: tabelas sobre classificação de níveis de toxicidade de agrotóxicos em uso no Brasil; parâmetros de qualidade de águas comerciais, de águas tratadas para abastecimento residencial e padrões de segurança para o consumo humano definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS; além de entrevista com Victor Alvarez, professor da Universidade Federal do Paraná. Finalmente foi apresentado o vídeo documentário de Annie Leonard, '*História da água engarrafada*' (com 8 min. e 03 seg.), sobre a exploração comercial da água em detrimento do incentivo ao consumo da água tratada.

A *atividade proposta* como forma de fechamento deste momento de estudos

foi organizada para que os estudantes produzissem uma tabela com características ideais de qualidade da água para o consumo humano e também um *folder* para divulgar à população informações a respeito da qualidade e eventuais riscos da água a ser consumida. Tal elaboração teve como questões norteadoras, os resultados da atividade de degustação inicial, obtidos pelos próprios estudantes, os parâmetros que consideraram ser relevantes no desenvolvimento de uma análise da qualidade de água para consumo, além das informações consideradas fundamentais para a conscientização da população acerca do tema.

Categorias envolvidas: a dinâmica dos trabalhos procurou dar espaço a aspectos das categorias de análise, abrangendo neste tema de forma mais concentrada a categoria de *ATCívica*, no sentido de analisar as diferentes tecnologias de tratamento de água para o consumo humano e os fatores que levam a sua definição; discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas para tratamento de águas e efluentes; discutir a influência dos interesses político-econômicos na definição dos parâmetros de qualidade de água.

4.2.6 Tema 6 – Contaminantes em águas consumidas pela população

Este tema foi desenvolvido a partir do conteúdo de uma reportagem cujo ponto central foi a investigação dos aspectos que levam à definição e emprego de determinadas tecnologias para o tratamento de águas para o consumo humano, em detrimento de outras que podem apresentar maior segurança à saúde da população ou maior eficiência de tratamento.

A organização dada ao desenvolvimento do tema procurou discutir a presença de contaminantes emergentes na água tratada para o consumo humano e a existências de alternativas tecnológicas que podem ser empregadas para o tratamento de água, além da importância do conhecimento e gerenciamento da qualidade das águas.

Intervenção: A dinâmica dada ao desenvolvimento do tema com a turma teve início com uma problematização, a partir dos seguintes questionamento: I. vocês conhecem as características do processo de tratamento pelo qual a água passa até chegar à sua residência?; II. vocês já pensaram que é possível que mesmo a água tratada consumida pela população pode não estar totalmente livre de

contaminantes?; III. você conhece alternativas tecnológicas possíveis de serem empregadas para o tratamento de água para o consumo humano? Tais questões permitiram inserir os estudantes no contexto dos assuntos a serem discutidos.

Na sequência teve espaço a leitura do conteúdo do roteiro '*Aula 6 – contaminantes em águas consumidas pela população*' com reportagem da *Pública: agência de reportagem e jornalismo investigativo*, produzida em 2014 por Anne Vigna sob o título '*Dá para beber essa água?*'. Nesta são apresentados estudos investigativos acerca da qualidade da água e seu armazenamento, transporte e comercialização.

Como *atividade proposta*, a turma se dedicou à definição de requisitos a serem investigados em uma auditoria hipotética de empresa de comercialização de águas potáveis, procedimento no qual o objetivo seria averiguar se o produto comercializado atenderia a padrões de segurança e qualidade, sem implicar em riscos ao consumidor ou ao ambiente. Os estudantes foram orientados a apresentarem justificativas para a definição dos itens incluídos no conteúdo de investigação da auditoria.

Categorias envolvidas: entre os aspectos referentes as categorias de análise que procuramos contemplar neste tema figuram: a) *ACPrática*: compreender as relações entre gestão da qualidade da água, saúde, segurança da população; b) *ACCívica*: compreender as consequências da presença de poluentes emergentes na água; c) *ACCultural*: analisar a influência do uso do princípio da precaução nas decisões sobre controle e tratamento da qualidade da água para o consumo humano; d) *ATPrática*: compreender as tecnologias empregadas nos tratamentos de água e suas consequências à população; e) *ATCívica*: analisar as diferentes tecnologias de tratamento de água para o consumo humano e os fatores que levam a sua definição; discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas para tratamento de águas e efluentes.

Uma observação a ser feita com relação ao presente tema diz respeito ao número de categorias de análise possíveis de serem nele analisadas, além da multiplicidade de aspectos aí abrangidos, uma vez que abre espaço para questões técnicas, aspectos sociais e aplicações práticas dos conteúdo abordados.

4.2.7 Tema 7 – *Tratando nossos esgotos*

Este tema procurou inserir conhecimentos técnico-científicos inerentes aos processos de tratamento de efluentes, abordando suas etapas e processos químicos, físicos e biológicos inerentes, de forma que os estudantes pudessem se apropriar das características dos processos de tratamento de águas residuárias em Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs. A partir de tais conhecimentos o objetivo foi contribuir com os estudantes no sentido de sua capacidade de identificação das possíveis vantagens ou limitações nas modalidades de tratamento empregadas e disponíveis, além de compreender aspectos da legislação que trata sobre a classificação de cursos d'água.

Intervenção: Inicialmente se procurou dialogar com os conhecimentos dos estudantes acerca dos conteúdos, colocando a eles as seguintes questões: I. vocês consideram que é importante que águas de esgotos domésticos ou industriais sejam tratadas?; II. que tipos de testes utilizados para a determinação da qualidade da água vocês conhecem?; III. vocês sabem quais são os tipos existentes de classificações de corpos de águas?

Na sequência o tema foi desenvolvido com a leitura do artigo intitulado '*Tratando nossos esgotos*' de autoria de José Roberto Guimarães e Edson Abdul Nour, veiculado pela revista *Química Nova na Escola*, edição especial de maio de 2001, e tabelas com resultados de análises de qualidade da água de rios que abastecem a população da cidade de Curitiba-PR para interpretação. Ao longo da leitura do material responderam questões presentes no roteiro de aula, '*aula 7 – tratando nossos esgotos*', como forma de direcionar o estudo.

Como *atividade proposta* os estudantes, organizados em duplas, procederam à análise dos conteúdos de duas tabelas com resultados da análise da água da Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, região metropolitana de Curitiba, nas situações do ano de 1994 e 2007. Após tal análise e discussões as duplas foram orientadas a interpretar, responder e justificar seus posicionamentos referentes a um conjunto de cinco questões, sendo elas: 1. os resultados das análises da qualidade das águas apresentados nos quadros 2 e 6 apresentam padrões que deveriam indicar o impedimento do seu uso para a criação natural e/ou intensiva de espécies de peixes (aquicultura) destinadas à alimentação humana; 2. o aumento da DBO entre os dois períodos analisados foi significativa, sendo que uma das causas principais deste

aumento pode ser atribuída a ocupação humana desordenada com falta de infraestrutura; 3. o significativo aumento observado para a presença do fósforo total nas análises de água apresentadas, caso não seja proveniente de efluentes industriais, esgotos sanitários e fertilizantes, provavelmente será decorrente de intemperismo das rochas e decomposição da matéria orgânica; 4. o nível de oxigênio dissolvido na água é suficiente para avaliar se um curso d'água completou seu processo de autodepuração e quando se encontra em níveis aceitáveis identificará que a água do mesmo recuperou plenamente sua qualidade; 5. as análises para coliformes fecais necessariamente devem ser mais seletivas em relação àquelas que investigam coliformes totais e nos resultados obtidos na Estação A103 Vargem Grande para 2007 estavam entre 500 a 700 vezes acima do limite considerado adequado.

Categorias envolvidas: os aspectos relativos às categorias de análise tratados neste tema foram especificamente associados à: a) *ACCívica*: quanto a interpretação de conteúdos e informações de análises de corpos hídricos com o intuito de deprender suas consequências a população e; b) *ATPrática*: no sentido de diferenciar entre si diversas soluções tecnológicas para o tratamento de água.

Em contra posição às características do tema 6, é possível destacar que este sétimo tema teve uma amplitude mais restrita, de modo que abrangeu um número menor de categorias de análise. Isto é reflexo do fato que, por vezes o presente trabalho necessitou abranger conteúdos técnicos inerentes à formação do futuro Técnico em Química, no entanto, mesmo em tal situação procuramos direcionar o enfoque destacando as interações entre ciência, tecnologia e sociedade entorno do conteúdo central.

4.2.8 Tema 8 – *Tratamentos de água e as alternativas possíveis*

O objetivo central de organização deste tema foi a discussão sobre a eficiência e resultados obtidos a partir do emprego de diferentes tecnologias de tratamento de águas, seja para o consumo humano ou para efluentes industriais, além de discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas nestes tratamentos frente àquelas tradicionalmente empregadas. Além disso se buscou discutir sobre as vantagens ao homem e ao ambiente decorrentes do emprego dos processos oxidativos avançados.

Intervenção: O ponto de partida para o trabalho com o tema foi a demonstração aos estudantes, em laboratório, de experimentos simulando duas modalidades de tratamento de água. A partir de um corpo d'água contendo terra e areia se procedeu a dois tratamentos: a) empregando sulfato de alumínio, decantação e filtração, simulando o tradicional uso de floculantes, decantação e filtração; b) empregando um processo eletrolítico, homogeneização e posterior filtração, simulando tratamento com processos oxidativos. Em seguida os estudantes foram questionados sobre: I. vocês imaginam que os processos de tratamento de água possam deixar resíduos prejudiciais à saúde?; II. vocês acreditam que os atuais processos de tratamento de água empregados por empresas de saneamento sejam totalmente eficientes?

Desenvolvidas algumas discussões com a turma, em dois grupos os estudantes procederam ao estudo da reportagem sobre poluentes emergentes, produzida por Guilherme Rosa para a revista *VEJA*, edição de 22 de junho de 2012, além de trechos extraídos do livro '*Caféina em águas de abastecimento público no Brasil*', produzido pelo Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA.

Como fechamento do encontro, a *atividade proposta* aos estudantes foi que as equipes palestrassem, de forma que uma defendesse e outra criticasse, a ideia de que: '*os processos oxidativos avançados são importantes e devem ser inseridos como parte dos processos de tratamento de águas para o consumo humano*'. As equipes foram orientadas para que ao final produzissem um '*relatório de defesa*' com a síntese dos argumentos utilizados durante a defesa das ideias.

Categorias envolvidas: neste espaço foram contempladas abordagens no sentido de permitir a investigação dos seguintes aspectos das categorias de análise: a) *ACProfissional*: compreender as possibilidades do emprego dos processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes; b) *ATCívica*: discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas para tratamento de águas e efluentes.

4.2.9 Tema 9 – Ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente

A abordagem deste tema objetivou a conscientização dos estudantes sobre

os impactos da produção industrial e o consumo de produtos industrializados, de forma que procuramos levá-los à reflexão sobre a produção, o consumo e a destinação final de tais produtos e suas respectivas embalagens, além de analisar os impactos que podem causar ao ambiente. Procuramos ainda promover uma aproximação entre os estudantes e os princípios da engenharia verde na interpretação de aspectos do gerenciamento de resíduos.

Intervenção: O desenvolvimento deste tema se iniciou com a provocação do raciocínio dos estudantes sobre embalagens de uso cotidiano. Na aula anterior a turma foi orientada a verificar, em casa, características de embalagens de produtos industrializados das seguintes categorias: a) produto alimentício industrializado; b) produto cosmético de uso comum; c) produto de limpeza doméstica de uso comum. Assim, foram levados ao raciocínio sobre as seguintes questões: I. como você descreveria o ciclo de vida de cada embalagem/produto?; II. que tipos de impactos cada embalagem poderia causar ao ambiente?; III. quem pode ser considerado gerador de resíduos sólidos?; IV. descreva as etapas existentes entre a obtenção e o consumidor final destas embalagens?

Em seguida foram inseridos materiais do roteiro '*AULA 9 – ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente*', composto de tabelas sobre ciclo de vida; tabelas sobre cadeia produtiva e reciclagem de matérias-primas; descrição dos doze princípios da engenharia verde (CARLETTO, 2009). No decorrer da aula foram exibidos os vídeos: '*Avaliação de Ciclo de Vida*' (4min.); '*Embalagens que mais poluem*' (3 min. e 43 seg.), e lançados questionamentos para direcionar o estudo do roteiro. O professor orientou a turma e com ela discutiu características de embalagens de plástico, alumínio e vidro, enfocando ciclo de vida; processo de produção e reciclagem; impactos ao ambiente; questões sobre resíduos sólidos; e princípios da engenharia verde.

Como *atividade proposta* os estudantes, reunidos em equipes, passaram a analisar as embalagens quanto aos possíveis impactos ao ambiente; princípios da química verde; além da sistematização de recomendações pertinentes ao processo de produção de tais embalagens no sentido de elaborar um parecer tendo em vista as seguintes questões: a) qual o destino mais adequado para cada embalagem de forma a evitar impacto ao ambiente?; b) análise dos ciclos de vida e aspectos dos doze princípios da engenharia verde recomendando ou impedindo o uso de determinada embalagem; c) propostas de modificações para o processo de

desenvolvimento de determinada embalagem em benefício da sociedade, analisando as possibilidades, ou dificuldades, da sociedade interferir em tal processo produtivo.

Categorias envolvidas: em relação ao conteúdo das categorias de análise foram investigados os seguintes aspectos: a) *ACPrática*: discutir o impacto socioambiental dos modelos de produção; b) *ACProfissional*: compreender a possibilidade de impactos ao ambiente e a sociedade decorrentes das decisões sobre processos produtivos; c) *ATCívica*: compreender os princípios da engenharia verde e sua relação com a produção industrial; discutir como as tecnologias de produção podem provocar efeitos à sociedade tais como geração de resíduos não recicláveis.

4.2.10 Tema 10 – *Analisando e filosofando sobre a tecnologia*

A construção deste último tema teve o objetivo específico de estimular o raciocínio dos estudantes no sentido da compreensão da natureza da tecnologia, encarando-a como resultado, não apenas da aplicação do conhecimento científico, mas sobretudo como uma construção cultural do ser humano, ficando assim sujeita às intencionalidades e concepções inerentes à sociedade.

Para contemplar tal objetivo selecionamos dois textos tratando de temas sociais atuais, especificamente relacionados a questão da tecnologia, seu desenvolvimento e o emprego que lhe é dado, além dos efeitos sobre a sociedade em diferentes dimensões, de forma que em seguida os estudantes pudessem debater sobre tais aspectos e sobre a questão de haver ou não espaço para que sejam atendidos os reais interesses da sociedade quanto ao uso e desenvolvimento da tecnologia.

Intervenção: Na prática o encontro se desenvolveu na forma de um diálogo acerca dos pontos de vista dos estudantes sobre o tema. A turma foi inicialmente convidada à exposição de opiniões elaborando respostas sobre: I. como você define o que é a tecnologia?; II. você poderia diferenciar o que é técnica do que é tecnologia?; III. como você define a relação entre a tecnologia e o ser humano?; IV. você considera que existem interferências sociais ou políticas na tecnologia?

Esta etapa inicial não teve caráter conclusivo sobre as questões. Na sequência os estudantes receberam o material do roteiro '*Aula 10 – analisando e filosofando sobre a tecnologia*', com entrevista publicada pela revista eletrônica

Deutsche Welle, em maio de 2010, com o físico e pesquisador brasileiro Luiz Pinguelli Rosa sobre o desenvolvimento de armas nucleares no Brasil, além de reportagem do jornal *Brasil de Fato*, de janeiro de 2015, sobre a dispensa de mão-de-obra em montadoras de automóveis do Brasil.

Os estudantes receberam juntamente as seguintes questões: a) você considera que é possível que, caso o Brasil desenvolvesse armas nucleares poderia fazer um uso pacífico destas?; b) o uso da tecnologia, no caso da construção de uma bomba nuclear, por ser uma decisão muito delicada deve ficar sob encargo exclusivamente do governo e seus especialistas?; c) você consegue identificar nos textos passagens nas quais fica claro que a tecnologia tem relação com a soberania do nosso país? Receberam ainda uma questão extra indagando: que relação você consegue estabelecer entre as constantes dispensas de trabalhadores na indústria nos últimos tempos e as tecnologias empregadas nos diferentes processos produtivos?

A *atividade proposta* aos estudantes para o fechamento do tema consistiu inicialmente em reavaliar as respostas às questões iniciais em forma de diálogo com os colegas. Na sequência o professor conduziu uma discussão sobre as concepções de tecnologia expostas, orientando-os a produzir um texto em forma de 'relato sobre tecnologia' contendo explicações e justificativas frente às seguintes questões norteadoras: a) a tecnologia nunca é uma *coisa* boa ou má, isso depende apenas do uso que é feito dela!; b) quanto maiores os investimentos no desenvolvimento da tecnologia, menores serão os problemas que a sociedade terá que enfrentar para que alcance seu progresso!; c) as decisões sobre desenvolvimento e aplicação da tecnologia não devem sofrer interferências daqueles que não tem conhecimento especializado sobre o assunto!

Categorias envolvidas: as discussões foram especificamente direcionadas a questão filosófica da tecnologia, bem como seu desenvolvimento e emprego, de forma que os aspectos contemplados referentes às categorias de análise foram: a) *ATCívica*, analisando as relações entre o desenvolvimento e a aplicação de conhecimentos e soluções tecnológicas e seus efeitos sobre o cotidiano do cidadão comum; b) *ATCultural*, ao analisar as relações entre a tecnologia e o ser humano; discutir sobre as diferentes possibilidades de concepções acerca da tecnologia; analisar as influências socio-políticas sobre a tecnologia.

Nos dedicaremos na sequência à discussão específica sobre as nossas

categorias de análise definidas *a priori* e em que dimensão elas puderam ser contempladas no desenvolvimento da UD, destacando previamente o fato de que em determinadas categorias, devido a natureza de seus aspectos, foram identificados espaços mais amplos às discussões, ao passo que em outras este espaço se mostrou mais restrito.

4.3 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES DA PESQUISA

Após o desenvolvimento das análises dos textos produzidos pelos estudantes ao longo do trabalho com a UD, realizamos neste espaço uma planificação das quantidades referentes aos resultados obtidos e as informações que tais números podem nos trazer.

No discurso dos estudantes obtivemos 64 fontes de informações, entre diários de bordo, questionários de avaliação, finais e atividades propostas. Nestes foram investigadas sete categorias *a priori*, segundo as quais foram analisados os relatos.

Como resultado das investigações obtivemos relatos cujas informações não se mostraram relevantes, não se enquadrando nas categorias, tendo sido descartados das análises e da organização quantitativa dos dados. Considerando apenas os relatos condizentes com as categorias de análise obtivemos a distribuição apresentada no quadro 10 a seguir.

categorias de análise	fonte dos relatos	(totais)
<i>Alfabetização Científica Prática</i>	DB-02; DB-06; DB-08; DB-11; DB-12; DB-19; DB-20; DB-21; DB-23; DB-24; QF-01; QF-02; QF-03; QF-04	(14)
<i>Alfabetização Científica Cívica</i>	DB-02; DB-03; DB-07; DB-17; DB-21; DB-26; DB-27; QF-01; QF-02; QF-03; QF-05	(11)
<i>Alfabetização Científica Cultural</i>	DB-13; DB-27; QF-01; QA-05	(4)
<i>Alfabetização Científica Profissional</i>	DB-03; DB-04; DB-16; DB-17; DB-20; DB-21; DB-24; DB-27; DB-29; QF-01	(10)
<i>Alfabetização Tecnológica Prática</i>	DB-17; DB-19; DB-20; DB-21; DB-24; DB-27; DB-28; DB-29; QF-01; QF-03; QF-04	(11)
<i>Alfabetização Tecnológica Cívica</i>	DB-27; DB-28; DB-29; QF-02; QF-03; QF-04	(6)
<i>Alfabetização Tecnológica Cultural</i>	DB-32; DB-30; AP-47; AP-49; QF-03	(5)

QUADRO 10 – FONTE DOS RELATOS E RESPECTIVA DISTRIBUIÇÃO NAS CATEGORIAS

FONTE: o autor (2016)

Esta organização nos permite lançar algumas ponderações a respeito do trabalho com as categorias de análise e suas características.

Inicialmente quanto a ACPrática, apontamos que se trata da categoria que apresentou maiores possibilidades de trabalho, provavelmente por trazer como temas questões muito presentes no cotidiano dos estudantes e cuja compreensão se mostra mais acessível.

No caso da ACCívica, o contexto de trabalho se apresentou ligeiramente mais restrito que a categoria da ACPrática, provavelmente pelo fato de exigir do estudante a expressão de um raciocínio assumindo posicionamentos mais críticos acerca das relações entre a ciência e a cidadania, exigindo também maior esforço no sentido de conceber o contexto social de assuntos envolvendo a ciência. Associado a isto há o fato de que os temas, em geral, apresentarem a tendência de ser mais propícios às discussões relacionadas ao parâmetro de ACPrática.

Quanto as categorias da ACCultural e da ATCultural, ponderamos que ambas apresentam como fator dificultador para o desenvolvimento do trabalho com os estudantes seu profundo envolvimento com questões abrangendo o âmbito da filosofia e da epistemologia, as quais apresentam certo distanciamento da realidade de estudos e experiências dos estudantes, de forma que, não sem razão, estas foram as categorias menos contempladas nos relatos analisados.

A categoria da ACProfissional se mostrou bastante pertinente ao trabalho, uma vez que o ambiente de desenvolvimento dos estudos era dedicado a questões do âmbito profissional, de maneira que conforme os temas eram introduzidos nas aulas, sempre houve espaços às discussões abrangendo aspectos da categoria, desta forma a ACProfissional esteve presente nos relatos dos estudantes com uma intensidade próxima as categorias de ACPrática e ACCívica discutidas neste tópico.

No que diz respeito a ATPrática, podemos pontuar que, uma vez que se trata de categoria paralela ou complementar à ACPrática, as características do trabalho com a mesma se mostraram muito próximas àquelas encontradas no trabalho com tal categoria, de maneira que o número de relatos dos estudantes no âmbito da ATPrática foi o maior entre as categorias de alfabetização tecnológica e próximo das quantidades observadas para a ACPrática.

Finalmente, entre as categorias *a priori*, a ATCívica mostrou certo nível de dificuldade para o trabalho com os estudantes, tendo sido observados apenas seis relatos cujos conteúdos se relacionavam com os aspectos desta categoria.

Acreditamos que, por envolver questões do âmbito da sociotecnologia ou do contexto da atividade tecnológica sua abordagem se mostrou distante da realidade dos estudantes, ainda que alguns deles tenham sido capazes de compreender a natureza das discussões empreendidas.

4.4 CATEGORIAS A *PRIORI* E AS POSSIBILIDADES DA UD

As discussões apresentadas a seguir foram estruturadas nas relações que estabelecemos entre os resultados do desenvolvimento dos dez temas da UD e nosso conjunto de categorias de análise *a priori*. No intuito de conferir coerência às análises e defesas apresentadas, procuramos retomar os referenciais teóricos, no que diz respeito aos parâmetros de AC e AT apresentados no capítulo primeiro e detalhados no terceiro capítulo.

Durante as análises dos resultados obtidos, tendo em vista o prisma de nossas categorias, procuramos identificar em que medida obtivemos êxito em alcançar os objetivos inicialmente propostos, com o intuito de demonstrar se concretamente houve contribuição com a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes sujeitos desta pesquisa.

Nos subtópicos estruturados a seguir constam detalhes das análises que desenvolvemos no contexto de cada uma das sete categorias *a priori*.

4.4.1 Alfabetização Científica Prática

Os aspectos da ACT contemplados pela categoria de Alfabetização Científica Prática se propõem à compreensão de fenômenos naturais, processos, funcionamento de artefatos tecnológicos cotidianos a partir de conhecimentos científicos, além de conhecimentos tecnológicos, em um ensino de ciências que explora as aplicações dos conhecimentos científicos, superando o abstrato e a descontextualização (BOCHECO, 2011), procurando também contribuir para “que um indivíduo entenda fenômenos e processos de seu entorno, principalmente os relacionados a técnicas e procedimentos” (MILARÉ; RICHETTI; PINHOALVES, 2009, p.170).

Neste sentido, tomamos por base os registros dos textos dos diários de bordo e questionários produzidos pelos estudantes ao longo do desenvolvimento dos

temas, de forma que, no processo de análise de tais discursos, pudessemos identificar expressões convergentes com os aspectos da categoria.

Desta forma, identificamos relatos nos quais observamos expressões de uma compreensão prática dos conhecimentos científicos pelos estudantes envolvendo os temas abordados, o que ficou demonstrado em depoimentos tais como:

A aula em questão, teve como tema o aquecimento global e seus riscos para o meio-ambiente do planeta. (...) Observamos os fenômenos posteriores causados pelo aquecimento global (...) eles são extremamente danosos ao planeta e à vida humana. (...) O tema tratado influenciou veemente na minha opinião sobre a vida (DB-02).

Colaborou para a aprendizagem sobre o gás ozônio, sendo explicado como ele é formado e em qual camada atmosférica ele se encontra (DB-06).

Essa aula foi importante para explicar como o efeito estufa acontece. Nossa ida ao laboratório foi extremamente importante, pois o professor simulou uma estufa (DB-08).

A camada de ozônio fica na troposfera de 5 a 15 km de altura. Discutimos a respeito da camada de ozônio em relação a poluição atual e suas consequências para a vida (DB-11).

[...] as águas provenientes do subsolo também são suscetíveis a contaminação e por ser uma água mineral não está isenta de metais pesados, matéria orgânica e nem de contaminantes modernos [poluentes emergentes].

No geral, a aula contribuiu para meu maior entendimento relacionado a qualidade da água, tanto provinda de fontes minerais quanto das usinas de abastecimento [ETAs] (DB-20).

Após a identificação de cada amostra de água, foi explicado as razões das diferenciações entre cada água. A origem delas e algum tratamento de filtragem posterior altera consideravelmente a qualidade da água (DB-19).

O efeito estufa é um fenômeno natural, já o aquecimento global é o aceleração do efeito estufa devido a atividade humana (porém existem teorias que descrevem o contrário) (QF-01 – parenteses do original).

[...] os poluentes emergentes só tem aumentado e não tem parâmetros suficientes para o tratamento de tais poluentes (QF-01).

[...] não podem ser descritos como uma coisa só, porque um é o efeito do outro. Através do efeito estufa ocorre o aquecimento global (QF-02).

Estes relatos permitem constatar um movimento dos estudantes em direção aos aspectos de alfabetização científica prática expostos no início do subtópico, aos quais nos propusemos atender durante a construção de nossa UD, o que mostra uma identidade com a perspectiva defendida por Shen (1975) como um domínio “do tipo de conhecimento científico e técnico que podem ser imediatamente colocados em uso para ajudar a incrementar padrões de vida” (p.265 – tradução nossa).

Tais conclusões decorrem do fato que os estudantes não apresentavam conhecimentos acerca dos temas discutidos, de forma que possuíam limitações para a interpretação de fenômenos e situações presentes no cotidiano, por exemplo, quanto a identificação da ocorrência do ozônio em nosso planeta, o conceito preciso de efeito estufa e as diferenças entre sua ocorrência de forma natural e em decorrência da ação antropogênica ou ainda o entendimento da possibilidade de contaminação de recursos hídricos provenientes do subsolo.

Diante dos conteúdos presentes em tais relatos, podemos inferir que em seu cotidiano estes estudantes, de forma mais clara, irão dispor de conhecimentos cuja aplicabilidade é imediata e, no que diz respeito a abrangência dos temas trabalhados, terão ampliada a sua capacidade de compreensão do entorno.

4.4.2 Alfabetização Científica Cívica

Esta categoria é balizada por um enfoque mais crítico no que diz respeito aos aspectos da ACT. Nela é priorizado o raciocínio acerca da negociação em decisões, individuais e coletivas, relacionadas à saúde, ao meio ambiente e o bem-estar social (BOCHECO, 2011) e as relações envolvidas com o conhecimento científico inerente a tais situações.

O trabalho com a Alfabetização Científica Cívica é permeado também pela preocupação de que os conhecimentos científicos venham a subsidiar “decisões do indivíduo, a fim de participar mais ativamente de processos democráticos da sociedade” (MILARÉ; RICHETTI; PINHOALVES, 2009, p.166), o que é definido de forma mais abrangente por Shen (1975), como:

[...] habilitar o cidadão a ser mais consciente sobre ciência e questões relacionadas a ciência de forma que ele e seus representantes usem o senso comum como suporte na participação de forma mais completa dos processos democráticos em uma sociedade cada vez mais tecnológica (SHEN, 1975, p.266 – tradução nossa).

Em síntese podemos colocar que a ACCívica é voltada a uma aplicação prática do conhecimento científico, especialmente relacionado aos aspectos da participação democrática do cidadão em decisões envolvendo, ele próprio e a sociedade em que vive.

Este é um movimento defendido no contexto de um processo de ensino com

enfoque CTS, onde uma de suas premissas básicas diz respeito a formação no sentido de exercício da cidadania, algo que pode ser construído por meio do ensino que discuta problemas em que os estudantes são colocados frente a necessidade de tomar decisões a respeito da ciência e tecnologia e suas implicações.

Ante tal perspectiva, ao investigarmos os relatos dos estudantes buscamos expressões que fossem convergentes com os aspectos da ACCívica. Neste sentido pudemos constatar afirmações como:

Foi uma aula muito boa com uma aprendizagem grande pois mostrou que há muitas empresas que não fazem o descarte correto de seus resíduos. (...) Mostrando também que ser tec- em química exige um grande cuidado para tomarmos controle sobre este assunto (DB-03).

Na última aula realizamos uma análise sobre as águas comerciais e águas de rede de abastecimento nós alunos pudemos compreender as formas de distribuições de águas foi feito exercícios que ilustraram e nos deram um ponto de vista diferente em relação a esse assunto. Com esse assunto ***pudemos aprofundar nossos conhecimentos e desenvolver um senso crítico em relação a esse assunto*** (DB-17 – grifo nosso).

O senso crítico mencionado pelo estudante foi um dos objetivos que se esperava alcançar com o desenvolvimento da aula, sendo que a razão central da inclusão do mesmo foi estruturar discussões no sentido de colocar ao estudante a necessidade de assumir posicionamentos sobre o tema, indo ao encontro da tomada de decisão preconizada no processo de ensino com enfoque CTS.

Tais aspectos podem ainda ser corroborados pelos relatos de que:

Desde o aquecimento do ar até a perda de flora, no mundo, os efeito da emissão exacerbada de poluentes já estão sendo notados e a cada dia que passamos sem fazer nada a respeito disso, menos um dia teremos para agir. É de fundamental importância regulamentar a emissão de gases e efluentes poluentes para que o resto de vida que ainda há em nosso planeta dure mais (DB-07).

[...] pude perceber os malefícios que os atuais reagentes desses saneamentos podem causar. E recebi informações sobre os agentes poluidores que são tratados e também sobre os que não são tratados. Outro ponto a se destacar foi o engarrafamento em plásticos que reagem com o tempo, produzindo substâncias tóxicas para o organismo, informação que antes não era de meu conhecimento. E isso é importantíssimo observar, pois o consumo de água engarrafada em plásticos é diária em nosso cotidiano (DB-21).

Esta aula foi muito interessante por ter ocorrido um debate, onde divididos a sala em dois grupos para defender, através de argumentos, alternativas de saneamento básico. E no decorrer surgiram muitos problemas e soluções ao mesmo tempo para melhora do tratamento de água (DB-27).

Ou ainda no seguinte posicionamento:

Seria muito importante para o desenvolvimento humano estar consciente dos processos de produção pois isto diminuiria a 'mais-valia' assim como poderíamos tornar o processo industrial mais sustentável e tirando o enfoque da lucratividade visado pelos empresários, e donos desses processos de produção (QF-01 – grifo no original).

Ante o exposto acreditamos que a forma e o conteúdo dos conhecimentos trabalhados contribuíram para estimular raciocínios mais críticos acerca dos temas, o que pode representar um incremento do poder de argumentação do cidadão em eventuais debates acerca de processos empregados, por exemplo, em estações de tratamento de água, além de outros contextos dos processos produtivos sobre os quais tratamos, surtindo como efeito uma ampliação da capacidade de tomada de decisão.

Os posicionamentos expostos nos relatos dos estudantes tornam-se mais relevantes ao considerarmos o fato de que os conteúdos foram discutidos no âmbito de um curso profissional, de forma que os futuros envolvimentos destes estudantes em processos decisórios estarão relacionados também com o ambiente dos processos produtivos, com o emprego de conhecimentos científicos na indústria além de outras questões abrangendo as possíveis consequências de tais contextos aos cidadãos e à sociedade.

4.4.3 Alfabetização Científica Cultural

Os aspectos contemplados pela categoria de Alfabetização Científica Cultural dizem respeito a uma visão de ciência como resultado de uma construção histórica e social da humanidade, no sentido de mostrá-la como tendo um caráter provisório e incerto, não linear e permeada por conflitos, fracassos e interesses. Um enfoque que permite apresentar ao cidadão em formação as limitações dos conhecimentos científicos ao compará-los com outras formas de saberes (BOCHECO, 2011). Segundo Milaré; Richetti; PinhoAlves (2009) esta categoria se refere ao estudo da ciência “relacionado com sua natureza e (...) motivado pela vontade de se conhecer mais profundamente sobre a principal aquisição da cultura humana” (p.166).

Em uma outra perspectiva, ACCultural é apresentada por Shen (1975) como “motivada por um desejo de conhecer algo mais sobre a ciência como a maior

realização da humanidade; está para a ciência assim como a apreciação musical está para a música” (p.267 – tradução nossa).

Neste sentido, no intuito de estimular os estudantes a raciocinarem sobre a ciência, sua produção e sobre a forma de uso do conhecimento científico, o desenvolvimento dos temas da UD foi capaz de resultar na produção de relatos tais como os seguintes:

Esta apresentação foi muito esclarecedora por demonstrar **as falhas e influências que uma teoria e/ou método científico podem apresentar**. Assim como a confiabilidade da ciência. Pois as verdades científicas também devem ser questionadas, se não tornam-se dogmáticas (DB-13 – grifo nosso).

A investigação científica necessita de recursos financeiros por tanto há um interesse empresarial/político para que ocorra o investimento e por consequência uma evolução científica (QF-01).

Estes relatos mostram esboços de uma compreensão sobre os aspectos que permeiam a ciência e a sua construção, convergentes com aqueles previstos na estrutura da categoria ACCultural.

Outro relato identificado em nossas análises demonstra uma visão a respeito da relação entre o domínio sobre o conhecimento científico e seu uso, como na seguinte afirmação:

[...] há uma tremenda intervenção político-econômica, pois nosso tratamento [de água em estações de tratamento] é **definido devido a viabilidade econômica** e não em relação a um parâmetro de qualidade, que às vezes é mais caro. (QF-01 – grifo nosso).

Por considerarmos ainda que houve relatos colocando, como aspecto positivo, que a dinâmica das aulas “facilitou completamente, pois foram aulas objetivas e claras com possibilidades de debates construtivos” (QA-05), nos sentimos encorajados a afirmar que o trabalho a partir dos temas propostos ao longo do desenvolvimento de nossa UD contribuiu com o direcionamento dos estudantes no sentido de uma Alfabetização Científica Cultural. Os depoimentos analisados permitem ainda defender que houve um movimento dos estudantes no sentido da superação de mitos deterministas tais como o presente na crença da neutralidade científico-tecnológica (AULER; DELIZOICOV, 2001).

4.4.4 Alfabetização Científica Profissional ou Econômica

A categoria da Alfabetização Científica Profissional ou Econômica consiste em um ponto de nossas investigações com discussões profundamente relevantes, que em certa medida avançam os aspectos tratados por nossos referenciais, como Milaré; Richetti; PinhoAlves (2009) e Bocheco (2011), quando abrangemos além do ensino de ciências no Ensino Médio, também a Educação Profissional.

Ao considerar que esta categoria procura abranger “conhecimentos mais específicos e complexos, que não são tão aplicáveis no dia a dia de um cidadão comum” (MILARÉ; RICHETTI; PINHOALVES, 2009, p.170), os temas que procuramos discutir por sua vez estão diretamente relacionados com questões inerentes ao dia a dia do profissional Técnico em Química, de forma que atendem ao aspecto de serem temas “bastante importantes em determinadas áreas profissionais e enquadram-se na Química aplicada ao setor produtivo” (idem, p.170).

Assim, nossa preocupação ao tratarmos da AC Profissional tomou o sentido de contemplar a abordagem de aspectos envolvendo:

[...] conceitos científicos e elementos da linguagem científica (...) que possuem relevância (...) e que por vezes se enquadram com o setor produtivo [estimulando] o interesse dos estudantes pela área científica e tecnológica (BOCHECO, 2011, p.131).

Neste sentido, em nossas análises nos deparamos com declarações dos estudantes tais como:

O tema 'águas comerciais e águas de rede de abastecimento' foi muito abrangente, pois para mim, não eram conhecidas as tabelas [com parâmetros para tratamento de águas] das instituições com os valores [recomendados] de cada substância (DB-16).

[...] pude perceber os malefícios que os atuais reagentes desses saneamentos [realizados nas ETA] podem causar. E recebi informações sobre os agentes poluidores que são tratados e também sobre os que não são tratados (DB-21).

Na aula, foram realizados exercícios que **augmentaram consideravelmente a concepção** a respeito de análises de água e da qualidade que a água deve conter tanto para consumo, quanto também para retornar em um corpo hídrico (DB-24 – grifo nosso).

Outro ponto, que não era de meu conhecimento foram tratamentos de água que seriam mais eficazes, mesmo que tenham maior custo (...). Assim como ter observado uma experiência comparando o tratamento (em baixa escala) a partir da eletrólise e da atual forma de saneamento (DB-27 – parenteses no original).

Tais declarações por um lado demonstram que o enfoque dado extrapola os limites característicos de discussões restritas ao Ensino Médio ao incluir análises e determinações da qualidade da água ou discutir a eficácia de tratamentos e sua relação de custo benefício, por outro lado, é uma característica de tal enfoque a sua relação com o contexto profissional e a ampliação da conscientização do estudante em formação, um futuro profissional Técnico em Química.

A pertinência e relevância de tal enfoque devido a sua relação com a atuação profissional futura ficam caracterizadas também no relato de que:

Após a elaboração de argumentos contrários e favoráveis a ambos os métodos de tratamento [processo convencional e com eletrólise], foi realizado um debate (...) **observando aspectos como o cenário econômico atual e a longo prazo, qualidade da água tratada ao fim do processo, utilização de reagentes e recursos, entre outros** (DB-28 – grifo nosso).

Ou ainda em outra situação na qual é possível identificar mostras de conscientização do estudante quanto as implicações do processo produtivo e sua relação com a atuação profissional, quando coloca que:

[...] seria muito importante para o desenvolvimento humano estar consciente dos processos de produção pois (...) **poderíamos tornar o processo industrial mais sustentável e tirando o enfoque da lucratividade visado pelos empresários**, e donos desses processos de produção (QF-01 – grifo nosso).

Diante o exposto consideramos que o enfoque dado ao trabalho com os temas foi capaz de estimular o raciocínio dos estudantes a respeito das implicações da sua futura atuação profissional, envolvendo ainda em tal raciocínio aspectos trabalhados nas categorias de ACPrática, ACCívica e ACCultural, mostrando de que tais categorias não são estanques, outro sim, complementam umas as outras.

4.4.5 Alfabetização Tecnológica Prática

Os aspectos relacionados com a categoria da Alfabetização Tecnológica Prática envolvem a relação dos estudantes com a:

[...] compreensão de conhecimentos sobre tecnologia imersos em aparatos tecnológicos do dia a dia [complementando a categoria de ACPrática com o] estudo através de conhecimentos tecnológicos, linguagem tecnológica, técnicas e habilidades, [com o intuito de] contribuir com a autonomia do cidadão em relação a aspectos do mundo tecno-científico [além de] colaborar com a futura formação de profissionais conectados com a área científica e tecnológica (BOCHECO, 2011, p.119-121).

Os objetivos do trabalho que envolve aspectos relacionados a essa categoria podem ser sintetizados pela oportunidade da compreensão de conhecimentos sobre tecnologia imersos em aparatos tecnológicos do dia a dia (BOCHECO, 2011) e no caso de nossa abordagem, dizem respeito especificamente ao contexto dos aspectos tecnológicos inerentes ao desenvolvimento dos processos produtivos.

Frente a estas características, procuramos empreender discussões sobre a tecnologia que fossem além dos aspectos do cotidiano e inserissem questões relativas a atuação profissional do futuro Técnico em Química.

Neste sentido pudemos identificar diferentes relatos partindo dos estudantes, tais como os presentes nas seguintes declarações:

[...] através do gosto e do odor, foi possível identificar a proveniência de cada amostra de água.

Após a identificação de cada amostra de água, foi explicado as razões das diferenciações entre cada água. A origem delas e algum tratamento de filtragem posterior altera consideravelmente a qualidade da água (DB-19).

As informações que obtive durante essa aula foram muito interessantes, pois ***não tinha conhecimento do saneamento básico atual, dos problemas que existem no tratamento e das soluções que outros países aderiram para melhorar nesses processos*** (DB-21 – grifo nosso).

Foi visto métodos de tratamento de águas e efluentes, os reagentes e as formas [tecnologias] para efetuar este tratamento. Houve também conhecimento acerca das análises físico-químicas e microbiológicas necessárias para comprovar a boa qualidade da água. (...) Ao fim, ***pôde-se ver que o assunto tratado em aula é de extrema relevância, já que todos nós consumimos água e necessitamos que ela possua qualidade satisfatória*** (DB-24 – grifo nosso).

Na aula, foram elaborados argumentos e defesas para duas equipes, sendo que uma defendeu o tratamento químico da água e a outra equipe defendeu o tratamento físico da água, utilizando filtros, hidrólise, etc; Após a elaboração de argumentos contrários e favoráveis há ambos os métodos de tratamento, foi realizado um debate, para ao fim definir quais métodos são mais rentáveis para serem utilizados, observando aspectos como o cenário econômico atual e a longo prazo, qualidade da água tratada ao fim do processo, utilização de reagentes e recursos, entre outros.

A aula, foi de uma considerável importância, pois ***pôde-se ver as alternativas de tratamentos de água***, sem utilizar reagentes químicos possivelmente danosos à saúde humana (DB-28 – grifo nosso).

[...] em tudo podemos observar [relações com a tecnologia], os celulares ocupam o tempo dos cidadãos, há internet em toda parte, as produções industriais estão cada vez mais massivas e automatizadas. O currículo [exigido] ***para ingressar no mercado de trabalho necessita de um conhecimento de informática e conhecimentos cada vez mais técnicos*** (QF-01 – grifo nosso).

Estas declarações demonstraram concepções dos estudantes que não se

limitam a uma definição de tecnologia como simples aplicação da ciência e sim uma expressão que se confunde com a existência humana e está presente no cotidiano da sociedade.

Assim entendemos que os temas discutidos foram capazes de iniciar um processo de ATPrática, convergindo com aspectos da ACPrática, complementando-a, de forma a potencializar a instrumentalização do estudante em conhecimentos tecnológicos e na linguagem representativa da tecnologia, permitindo que, em seu cotidiano, seja capaz de negociar no sentido da abertura de discussões referentes ao posicionamento social das tecnologias (BOCHECO, 2011).

4.4.6 Alfabetização Tecnológica Cívica

No que diz respeito a categoria da Alfabetização Tecnológica Cívica, ela está balizada pelos seguintes aspectos: se propõe a uma análise mais crítica sobre as implicações da utilização e desenvolvimento da tecnologia, envolvendo discussões acerca da sociotecnologia, de forma a contextualizar socialmente a atividade tecnológica e considerar seus aspectos culturais e organizacionais (BOCHECO, 2011).

Outro aspecto desta categoria diz respeito a compreensão da relação entre tecnologia e a atividade econômica e industrial e o papel que assumem os profissionais aí envolvidos, atuantes no âmbito do gerenciamento, manipulação de equipamentos e escolhas de tecnologias atreladas aos processos de produção, incluindo também o papel do cidadão, usuário e consumidor da tecnologia, as leis, normas e padrões de qualidade que moldam a circulação de produtos tecnológicos e os valores e códigos de ética envolvidos. Por fim os hábitos, crenças, tendências de estética e beleza que estão conectadas à tecnologia (BOCHECO, 2011).

O enfoque proposto nesta categoria preconizou a discussão com o estudante sobre questões envolvendo as possíveis implicações do emprego da tecnologia, desta forma, quando nos direcionamos aos futuros Técnicos em Química tivemos a preocupação de, com eles discutirmos aspectos da tomada de decisões envolvendo a atuação profissional.

Entre os relatos analisados no contexto da abordagem de questões específicas no âmbito da ATCívica, identificamos as seguintes expressões:

Na última aula realizamos uma análise sobre as águas comerciais e águas de rede de abastecimento nós alunos pudemos compreender as formas de distribuições de águas foi feito exercícios que ilustraram e nos deram um ponto de vista diferente em relação a esse assunto. (...) pudemos aprofundar nossos conhecimentos e desenvolver um senso crítico em relação a esse assunto (DB-17).

Outro ponto, que não era de meu conhecimento foram tratamentos de água que seriam mais eficazes, (...) assim como ter observado uma experiência comparando o tratamento (em baixa escala) a partir da eletrólise e da atual forma de saneamento (sulfato de prata [o utilizado foi o sulfato de alumínio], cloração, etc). E ***pudemos ver um tratamento químico e um físico com efeitos semelhantes, porém, com seus prós e contras*** (DB-27 – parenteses no original, grifo nosso).

Nesta aula foi abordado o tratamento de água e as alternativas [tecnológicas] possíveis, a aula foi produtiva, com o auxílio de uma aula prática com o professor Glauco, afim de fixar os conteúdos de uma forma visual e prática.

Através desta aula, ***pudemos compreender que nem sempre o tratamento mais barato é o melhor para nós***, porque algumas substâncias [empregadas em tratamentos tradicionais] podem ser nocivas (DB-29 – grifo nosso).

[...] as tecnologias muito das vezes tem a função de nos auxiliar no tratamento de doenças, produção de alimento e também eletrodomésticos e eletroeletrônicos, mas tudo isso tem um preço, a pergunta é se estamos dispostos a pagar (QF-02).

A produção industrial pode ter alguns impactos ambientais e socio-ambientais, como uma extensa área ser desmatada ou efluentes não tratados jogados na água afetando biodiversidade e ser humano (QF-03).

Estes relatos nos permitem inferir que os estudantes, a partir do momento em que experimentam uma aproximação com as propriedades e características de alternativas tecnológicas e as possíveis aplicações destas, como no caso dos processos de tratamento de água ou efluentes, no futuro poderão intervir em processos produtivos, de forma que venham a considerar o uso de tecnologias mais sustentáveis e, preferencialmente, defender a opção pelo emprego destas.

Neste sentido, acreditamos que as abordagens que empreendemos aos temas trabalhados, de forma introdutória, possibilitaram trilhar um caminho capaz de contribuir para que os estudantes se conectassem com os aspectos culturais e organizacionais da tecnologia, estabelecendo uma perspectiva de enfoque sócio tecnológico que possa levá-los a compreender as relações da tecnologia com a atividade econômica e industrial, além do papel de profissionais ligados ao gerenciamento da atividade tecnológica (BOCHECO, 2011).

4.4.7 Alfabetização Tecnológica Cultural

Os aspectos contemplados pela Alfabetização Tecnológica Cultural buscam estruturar uma concepção do que é a tecnologia, de forma a promover discussões a respeito da sua natureza e estabelecer diferenças e similaridades entre esta e a ciência. A ciência tem como característica focar problemas com objetivos centrados em hipóteses ou experimentos, enquanto a tecnologia ocupa-se de problemas práticos cujo objetivo final é o fazer centrado em projetos e programas. A ATCultural discute o fato de que o ser humano molda e decide as finalidades da atividade tecnológica (BOCHECO, 2011), se preocupando com a análise das implicações de tal conjuntura sobre a sociedade.

Neste sentido procuramos discutir com os estudantes questões diretamente relacionadas à tecnologia abrangendo o âmbito de seu desenvolvimento e discutindo sobre os propósitos que lhe são inerentes, além da questão do seu uso e efeitos sobre a sociedade.

Ao procedermos a análise do conteúdo dos relatos dos estudantes pudemos identificar compreensões no sentido de que:

Tecnologia são avanços que (...) facilitaram diversos processos industriais, bélicos e descobertas científicas. Porém essa evolução nem sempre é um avanço humano, pois muitas vezes a tecnologia causa problemas (AP-49).

Ao abordarmos a questão das interferências humanas sobre a tecnologia foi possível identificar a seguinte declaração:

[...] a burocracia, a viabilidade econômica, a utilização, as consequências dessas tecnologias podem frear ou até vetar o desenvolvimento de novas tecnologias (AP-47).

[...] a tecnologia é benéfica para a saúde, mas pode ser ruim como a bomba atômica e armas feitas para 'defesa do país' (QF-03 – grifo no original).

Estas são declarações que demonstram visões caracterizando a tecnologia com uma construção humana sujeita a determinadas interferências e cujos resultados não são necessariamente sempre favoráveis à sociedade.

Curiosamente constatamos ainda uma declaração que remete, em certa medida, às definições de Bunge (1985, *apud* BOCHECO, 2011, p.149-150) ao conceber que “a atividade tecnológica é resultado efetivo da ação racional, consequência do trabalho humano, seja intelectual ou sobre objetos concretos, por

isso a premissa de que o trabalho faz toda a diferença entre o natural e o artificial”. Em seu relato o estudante também trata da tecnologia relacionando-a a um mundo natural e outro artificial, colocando que:

Existe uma tecnologia que posso descrever como natural (da natureza) e ao ponto em que fomos interferindo nessa natureza tivemos que criar uma tecnologia humana e aprimorar nossas técnicas para sobreviver e viver nesse meio natural (AP-49 – parenteses no original).

Por outro lado, nossas análises deram conta de identificar limitações na percepção de alguns estudantes quanto a superação da ideia do determinismo tecnológico, em declarações que demonstram acreditarem que:

[...] para haver essa tecnologia dependemos dos técnicos (homem) para criar ideias e por isso em prática através dos estudos e comprovação científica (DB-32 – parenteses no original).

Ou ainda na afirmação de que, no caso da sua utilização “a tecnologia só depende de quem irá usar, pro bem ou mal” (AP-46).

Tais posicionamentos nos levam a considerar a categoria da ATCultural como aquela cujos aspectos foram menos atingidos. Acreditamos que isto se deva ao fato de a tecnologia figurar como uma expressão da atividade humana cujas definições estão menos claras e são menos discutidas quando comparadas ao que ocorre com a ciência.

No entanto consideramos que os temas da UD possibilitaram iniciar um processo de ATCultural com os estudantes, estruturando um movimento no sentido da construção de uma concepção de tecnologia, abrindo discussões sobre a sua natureza e apontando as relações, diferenças e similaridades que ela apresenta frente a ciência, bem como sua dependência e não neutralidade no que diz respeito às escolhas humanas (BOCHECO, 2011).

4.5 O interesse dos estudantes pela metodologia

No processo de análise dos dados obtidos com nossa pesquisa, que consiste no relato dos estudantes, procuramos estar atentos a declarações que indicassem o surgimento novas informações.

Desta forma a recorrência de relatos destacando aspectos da metodologia adotada para o trabalho em sala, boa aceitação e interesse no trabalho com o

material da UD, surgiu de forma bastante significativa, nos chamando a atenção depoimentos como:

A aula foi muito interessante, pois nós debatemos sobre o aquecimento global (DB-01).

[...] foi uma aula que fez eu compreender pela forma em que ela foi dada, o debate entre alunos (DB-03).

Aula ótima levantando os principais assuntos e argumentos sobre o aquecimento global e efeito estufa. (...) Bom trabalho em grupo e debate sobre o assunto (DB-09).

A aula foi boa porque teve trabalho em equipe e discussões entre os alunos (DB-22).

Esta aula foi muito interessante por ter ocorrido um debate (DB-27).

A aula foi bem clara e ótima por causa de análises e discussões sobre a tecnologia (DB-31).

Um dos principais aspectos positivos [no desenvolvimento das aulas], é o **conhecimento adquirido com os exercícios e discussões** (QF-02 – grifo nosso).

No caso dessa matéria de A.A. tratar de temas com textos e **discutir sobre foi bem interessante** (QA-06 – grifo nosso).

Consideramos que o interesse apresentado pelos estudantes pode estar associado a um contraste metodológico entre nosso trabalho e aquele tradicionalmente desenvolvido nas demais disciplinas, uma vez que os estudantes relataram que “as outras matérias são menos interativas. **A interatividade é uma vantagem das aulas de Análise Ambiental**” (QA-05 – grifo nosso), ou ainda, que “as aulas rendiam e eram dinâmicas” (QA-01).

Os posicionamentos expostos nos levam a confirmar a relevância de um aspecto que procuramos contemplar em nossa UD, o espaço ao estudante para a expressão de suas opiniões e posicionamentos, trazendo o conhecimento que construiu para o centro do espaço educacional de forma que se sinta como parte do processo de construção dos novos conhecimentos.

Esta é uma demonstração de respeito para com aquele que aprende, premissa essencial ao diálogo, necessário em um processo de ensino que contemple problematização de seus conteúdos, que “afirma a dialogicidade e se faz dialógica (...) [de maneira a] superar a contradição entre o educador e os educandos” (FREIRE, 1987, p.44), uma vez que a natureza desta forma de encarar o processo de ensino “implica na negação do homem abstrato, isolado, solto,

desligado do mundo, assim também na ***negação do mundo como uma realidade ausente dos homens***” (*idem*, p.45 – grifo nosso).

Na sequência apresentamos nossas considerações finais a respeito do trabalho com o ensino de ciências a partir de uma temática envolvendo o enfoque CTS desenvolvido nesta pesquisa. Ao longo da qual experimentamos um processo de profícuo aprendizado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos nossas considerações tratando da complexidade que permeou este trabalho, grande foi a demanda em aprofundamento teórico e o desenvolvimento prático da Unidade Didática exigiu intenso comprometimento. É importante destacar que os resultados obtidos demonstram ter havido contribuição com a alfabetização científica e tecnológica dos partícipes da pesquisa, no entanto, não se pode omitir o caráter introdutório do processo alcançado com o desenvolvimento da proposta didática, além do fato de tratar-se de uma ação que necessita ser perene, encarada como um trabalho a ser realizado em um processo de longo prazo.

Desde o início da pesquisa e da elaboração de materiais para os temas que vieram a compor o conjunto das dez aulas da UD, se apresentaram situações de encantamento pela possibilidade de introduzir no contexto da sala de aula questões que muito caras, dada a sua relevância, além de essenciais ao ensino de ciências, por trazerem discussões que convergem com o cerne das questões desta área de pesquisa e com a essência do enfoque CTS.

Por outro lado, houveram situações de considerável angústia, tanto pela carência de materiais abordando certos assuntos, quanto pela dificuldade encontrada em introduzir as questões de investigação nos rígidos moldes da estrutura curricular, engessada e focada exclusivamente nos conteúdos, como se apenas e tão somente estes fossem importantes ao estudante e futuro profissional em formação.

Neste ponto defendemos a emergência da ampliação dos espaços a ações que possibilitem superar a rigidez estrutural de currículos mais tradicionais, caminhando em direção das propostas de nossos referenciais, presentes no contexto contemporâneo da escola pública. A exemplo da possibilidade de inserção de aspectos para além dos conteúdos curriculares preconizados pelo enfoque CTS no ensino de ciências, contemplando a problematização dos conteúdos, para que seja conferida maior sintonia com a realidade do estudante, ou do futuro Técnico em Química, no contexto do processo de ensino, de forma a estruturar um contraponto à ideia de que a escola pública é uma instituição falida, como é colocado por muitos professores em atividade.

Atualmente experimentamos um momento em que a escola pública alcançou

o *status* de universalizada, o acesso aos seus bancos deixou de ser uma questão a resolver, ao menos em ampla escala, apesar de ainda existirem realidades de exclusão em nosso Brasil continental. Tal universalização no entanto não veio acompanhada de um nível de qualidade de ensino, formação profissional dos docentes ou mesmo estrutura física compatíveis, de forma que atualmente é possível a existência de ilhas de excelência em um mar de escolas desiguais.

Nesta linha de raciocínio, no caso do Ensino Médio integrado à Educação Profissional, há ainda uma questão histórica por ser resolvida, a concepção de escola como aparelho ideológico do Estado (MATSUMOTO; KUWABARA, 2005), e das elites do poder econômico, que forçam a manutenção de aspectos da dualidade estrutural da escola, de forma que o interessante é a formação de pessoas com certo domínio dos conteúdos, porém, sem espaços ao pensamento crítico durante do processo (FOUREZ, 1995; KUENZER, 2006).

Tais aspectos levam à defesa de mudanças, colocando esta pesquisa como uma possível via para que sejam estruturadas. De forma alguma a solução definitiva, esta não existe e este trabalho é realista e humilde o suficiente para se reconhecer como uma ideia, uma proposição, com suas potencialidades e também suas limitações.

A defesa aqui é no sentido de que alguns dos ingredientes com os quais trabalhamos apresentam enorme validade e permitem uma promissora abertura de espaço à mudanças. Defendemos a educação que contemple o diálogo com o estudante e lhe permita falar, pois, falando o cidadão organiza suas ideias e as reavalia durante o processo, podendo aprimorá-las. O diálogo funciona como caminho ao protagonismo do estudante, uma vez que falar permite que ele se exponha, se posicione e amplie sua consciência crítica (FREIRE, 1987).

Além do diálogo outro importante aspecto é a conexão significativa entre o que se estuda e a realidade da vida concretamente. A forma de desenvolvimento deste trabalho permite crer que, os dez temas articulados com uma temática central possibilitaram estruturar tal conexão e aproximar o estudante da realidade de sua futura atuação profissional, contribuindo assim com sua compreensão sobre os conteúdos dos componentes curriculares que, em outras abordagens ou orientações didáticas, poderiam se mostrar menos compreensíveis.

No contexto da trajetória que agora se encerra, é defendido que um dos aspectos que facilitaram o processo foi o elevado grau de interesse e envolvimento

dos estudantes com os quais pudemos contar ao longo das dez aulas da UD. É possível acreditar que isto se deveu à oportunização de um grau não comum de protagonismo aberto aos partícipes da pesquisa, seu engajamento nas discussões sobre os temas abordados resultaram em diálogos e debates, alguns bastante acalorados, que colocaram em pauta enfoques sobre a ciência, a tecnologia e suas relações sociais, algo pouco provável em configurações de ensino com orientações didáticas mais tradicionais, com relações verticais em vias de mão única do tipo detentor do conhecimento (professor) de um lado e receptor passivo (aluno) de outro.

Outro fator fundamental diz respeito a fé na validade deste trabalho e na relevância da área de pesquisa em ensino de ciências, cuja uma das linhas importantes de ação é o enfoque CTS. No confronto com as demandas próprias desta área de pesquisa, com seus enfrentamentos urgentes, é possível perceber a exiguidade de espaços que podem levar o pesquisador a experimentar uma sensação de isolamento, ficando aprisionado na inércia do sentimento de impotência. Por outro lado, a jornada traçada no desenvolvimento desta pesquisa mostrou que o enfoque CTS é um dos caminhos que efetivamente possibilitam uma contribuição com o ensino de ciências, contribuindo com a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, especificamente estudantes da educação profissional.

A Educação Profissional apresenta características muito particulares de trabalho, seja quanto à estrutura curricular, cujas prioridades são os aspectos técnicos e conteúdos específicos, implicando na diminuição ou supressão dos espaços às questões sociais, ou então dadas as características de seu público bastante jovem, no caso do Ensino Médio Integrado, que prematuramente se depara com a necessidade de assumir responsabilidades de alto grau de complexidade, envolvendo situações que podem implicar em impactos de grandes dimensões sobre a sociedade e o ambiente. São considerações que reforçam o nível de preocupação e relevo desta pesquisa frente a realidade de que, comumente, cursos similares ao que trabalhamos se estruturam em currículos estritamente técnicos, centrados apenas nos conteúdos, deixando de lado aspectos sociais afetos à ciência ou à tecnologia.

A visão que fica sobre esta pesquisa e sua inserção no contexto da área de pesquisa em ensino de ciências é que um obstáculo identificado, questão a ser resolvida em trabalhos futuros, consistiu na dificuldade de trabalho com categorias

abrangendo a alfabetização tecnológica. É possível que exista um distanciamento entre os estudantes e as concepções envolvendo enfoques dos aspectos filosóficos da tecnologia. Neste sentido, após o processo deste trabalho, fica a ideia de que em uma futura revisão é importante intensificar a investigação de questões sobre a tecnologia, como por exemplo a delimitação de uma outra categoria de alfabetização tecnológica, a ATProfissional.

Um outro aspecto a se considerar em maior profundidade e com maior cuidado em futuras ampliações desta pesquisa, sobre o que este pesquisador foi questionado em recente apresentação de congresso, diz respeito ao que concerne à natureza da cultura, suas definições e abrangência no contexto de investigações das categorias de alfabetização científica e alfabetização tecnológica. É necessário um cuidado especial ao se tratar tal questão para que não se incorra na falha de considerar a alfabetização científica cultural ou a alfabetização tecnológica cultural, limitadas a uma adequação do estudante à culturas dominantes ou hegemônicas, desprezando por exemplo aspectos regionais e tradicionais afetos às relações de determinada sociedade com a ciência e a tecnologia.

Retomando agora o problema central de pesquisa: *quais as possibilidades do uso do enfoque CTS no ensino Técnico em Química a partir da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial?* A partir do mesmo são traçadas as seguintes considerações.

Quanto ao enfoque CTS, é destacada a sua relevância para a Educação Profissional, uma vez que tal estratégia de abordagem se figura como via que permite envolver aspectos científicos e tecnológicos inerentes a formação do público desta modalidade de ensino, considerando o ponto de vista de suas implicações sociais, de forma a se constituir também em ganho didático ao desenvolvimento do curso e com real possibilidade de enriquecer o currículo. Outro aspecto fundamental do enfoque CTS consiste em sua possibilidade de contribuição com a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, permitindo discussões de âmbito prático, crítico, cultural e profissional sobre a aplicação, desenvolvimento, apropriação, consequências, possibilidades e outras questões da ciência e da tecnologia, conforme ficou demonstrado nas análises e é defendido por Shen (1975); Aikenhead (1994); Santos (2002, 2007); Auler (2003, 2007), entre outros adotados como apoio a este trabalho.

Nesta linha de raciocínio pondera-se que as possibilidades de trabalho a partir

de uma temática configuram uma interessante opção metodológica, a qual apresentou grande pertinência à estruturação do enfoque CTS adotado para o desenvolvimento da UD, devido a possibilidade aberta a partir do momento em que centramos o raciocínio no *Impacto Ambiental da Atividade Industrial*. Desta forma foram definidos temas relacionados entre si e estabelecida uma linha de abordagem que contemplasse as discussões pretendidas, necessárias à problematização dos conteúdos, direcionando-os aos aspectos relacionados com as categorias de AC e AT previstas.

O efeito de tais encaminhamentos foi uma dinâmica de aula que fugiu aos padrões convencionais, apresentando diálogos entre os estudantes em um nível incomum para o Ensino Médio. A decorrência disso, acreditamos, será constatada na atuação dos futuros profissionais com um nível ampliado de comprometimento e de conscientização sobre aspectos da ciência-tecnologia-sociedade.

Uma consequência importante do desenvolvimento desta pesquisa diz respeito ao seu impacto na atuação docente do pesquisador. Uma vez apresentado aos aspectos epistemológicos da construção do conhecimento científico, às características da natureza da tecnologia e sua construção como parte da cultura da humanidade e às implicações dos aspectos socio científicos e socio tecnológicos que afetam e são afetados pela organização das sociedades o conhecimento do docente não poderá retroceder ao nível de desenvolvimento que ocupara anteriormente. Da mesma forma o docente que se envolve com o trabalho de organização de um currículo a fim de desenvolvê-lo sob um enfoque que contemple implicações dos aspectos da ciência-tecnologia-sociedade não passa imune às transformações previstas em tal processo.

Como consequência desta pesquisa, relato que a partir de sua realização não será mais possível a este que escreve exercer a docência sem a preocupação com a abrangência dos aspectos aqui discutidos. Consolidou-se uma transformação significativa no modo de considerar o trabalho docente, algo que resultará em cargas evidentemente maiores de trabalho, com o diferencial de edificar processos de formação mais sólidos, mais permeados de significados e com maior teor crítico nas discussões a serem travadas com os estudantes, agora mais nitidamente encarados como cidadãos.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD G. Chapter 5: What is STS Science Teaching? in: **STS Education: International Perspectives on Reform**. SOLOMON J.; AIKENHEAD G. Teachers College Press, New York. 1994. disponível em: <<http://www.usask.ca/education/profiles/aikenhead/webpage/sts05.htm>> acesso em: 28 set. 2014.

ARAÚJO, J. A USAID, a guerra fria, o regime militar e a implantação das escolas polivalentes no Brasil. **C&D-Revista Eletrônica da Fainor**, Vitória da Conquista, v.2, n.1, Jan/Dez, 2009.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.5, n.1, p. 1-16, Mar, 2003.

_____. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Campinas, v.1, n.especial, Nov. 2007.

AULER, D; BAZZO, W.A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Baurú, v.7, n.1, p. 1-13, 2001.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.3, n.1, Jun, 2001.

_____. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Portal dia-a-dia educação**. SEED-PR. 2006a. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/educ_cts_delizoicov_auler.pdf> acesso em: 31 ago. 2014.

_____. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.5, n.2, 2006b.

AULER, D. *et al.* Compreensões de alunos da educação básica sobre interações entre CTS. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, **Anais**, 2005.

BAZZO, W.A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educación**. n.28, Madrid – España, p. 83-99, 2002.

BIAGI, O. O imaginário da guerra fria. **Revista de História Regional**, v.6, n.1, p. 61-

111, 2001.

BIRD, A. "Thomas Kuhn", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. 2013. disponível em <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/thomas-kuhn/>> acesso em: 03 set. 2014.

BOCHECO, O. **Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Decreto n.2.208, de 17 de abril de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2208.htmimpressa.htm> acesso em: 24 nov. 2014.

CACHAPUZ, A. F. C; PRAIA, J; JORGE. M, Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar Epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CARDOSO, I. A geração dos anos de 1960: o peso de uma herança, **Tempo Social**, revista de sociologia da USP, v.17, n.2, p.93-107, 2005.

COMEGNO, L.M.A. **Contribuição do enfoque CTS para os conteúdos escolares de química**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CRUZ, S.M.S.C.S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque ciência, tecnologia e sociedade no ensino fundamental**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DAGNINO, R. As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América. **ALEXANDRIA**, v.1, n.2, p.3-36, jul. 2008. ISSN 1982-5153.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J.A; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 4.ed. São Paulo: Cortez, 2011. ISBN 978.85.249.0858-3.

ESCOTT, C.M; MORAES, M.A.C. História da educação profissional no Brasil: as políticas públicas e o novo cenário de formação de professores nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. IX Seminário Nacional de Estudos e Pesquisas "História, Sociedade e Educação no Brasil" UFPB. 2012 – **Anais**

Eletrônicos – ISBN 978-85-7745-551-5

FINO, C. Um novo paradigma (para a escola): precisa-se. *in* **FORUMa** – Jornal do Grupo de Estudos Clássicos da Universidade da Madeira, v.1, n.2, 2001.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Ed. UNESP, 1995. ISBN 85-1739-083-5.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

GADOTTI, M. **Paulo Freire: uma biobibliografia**. São Paulo: Cortez, 1996. ISBN: 85-249-0610-3.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002. ISBN: 85-224-3169-8

HARNISCH E.A.S.; BRUEL A.L.O. Evasão Escolar no Ensino Médio Subsequente. *in* **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, 2014** / Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. Programa de Desenvolvimento Educacional. Curitiba: SEED – PR, 2016. v.1 ISBN 978-85-8015-080-3

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudos e pesquisas: informação geográfica n.7**. Indicadores de Desenvolvimento Sustentavel. Rio de Janeiro. 2010. ISBN 978-85-240-4133-4

KUENZER, A.Z. **Ensino Médio e profissional**: as políticas do Estado neoliberal. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2001. ISBN 85.249.0647-2.

_____. A educação profissional nos anos 2000: a dimensão subordinada das políticas de inclusão. **Educação & Sociedade**, v.27, n.96 - especial, p. 877-910, Out, 2006.

LIMA, D.L.D. Reflexões sobre a história da educação profissional no Brasil: educação profissional integrada ao Ensino Médio. **Revista educação e fronteiras on-line**, v.3, n.9, p. 108-125, Mai/Ago, 2013. ISSN 2237-258x.

LINSINGEN, I.von. **Engenharia, tecnologia e sociedade: novas perspectivas para uma formação**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

_____. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v.1, n. especial, Nov, 2007.

MATSUMOTO, L.T.J; KUWABARA, I.H. A formação profissional do técnico em química: caracterização das origens e necessidades atuais. **Química Nova**, v.28, n.2, p. 350-359, 2005.

MILARÉ, T; RICHETTI, G.P; PINHO ALVES, J. Alfabetização Científica no Ensino de Química: Uma Análise dos Temas da Seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**. v.31, n.3, Ago, 2009.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R; GALIAZZI, M.C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v.12, n.1, p. 117-128, 2006.

_____. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007. ISBN 987-85-7429-609-8.

MOURA, D.H. Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração. **Holos**, ano 23, v.2, 2007.

NASCIMENTO, T.G; LINSINGEN, I.V. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **CONVERGENCIA** Revista de ciências sociais. UAEM, México, n.42, 2006. ISSN 1405-1435.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes da Educação Profissional**: fundamentos políticos e pedagógicos. Curitiba: SEED-PR, 2006.

_____. Secretaria de Estado da Educação. **Coletânea de legislação educacional**. Superintendência da Educação. - Curitiba: SEED -PR, 2012

_____. Secretaria de Estado da Educação. **Educação Profissional Rede Estadual de Ensino**: catálogo de cursos - Superintendência da Educação. Departamento de Educação Profissional. Curitiba: SEED-PR, 2013

_____. Secretaria de Estado da Educação. **Página da Internet**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.comunidade.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=40#quimica>> acesso em: 18 agosto de 2015.

PINHEIRO, N; SILVEIRA, R; BAZZO, W.A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v.13, n.1, p. 71-84, 2007.

PORTO, E.A.B; KRUGER, V. Breve histórico do ensino de química no Brasil. **EDEQ**, n.33, Ijuí – RS, 2013

RAMOS, D. O sonho americano de Edward Albee. **Revista Crop**. USP, 7.ed, p. 257-275, 2001.

RATCLIFFE, M. Science, Technology and Society in school science education, **School Science Review**, March, 2001, 82-92

RUBEGA, C.C; PACHECO, D. A formação da mão-de-obra para a indústria química: uma retrospectiva histórica. **Ciência & Educação**, v.6, n.2, p. 151-166, 2000.

SANTOS, W.L.P. **Aspectos Sociocientíficos em aulas de química**. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

_____. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v.1, n.esp, Nov, 2007.

SANTOS, W.L.P; MORTIMER, E.F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p. 95-111, 2001.

_____. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n.2, Dez, p. 1-23, 2002.

SASSERON, L.H; CARVALHO, A.M.P. Almejando a Alfabetização Científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v.13, n.3, p.333-352, 2008.

SELLTIZ, C; WRIGHTSMAN, L.S; COOK, S.W. **Metodos de pesquisa nas relações**

sociais: delineamentos de pesquisa. 2.ed. brasileira MALUFE, J.R.; GATTI, B.A. (org.) São Paulo: E.P.U., 1987, v.1.

SHEN, B.S.P. Science Literacy. in.: **American Scientist**, v.63, p.265-268, May/Jun, 1975.

STRIEDER, R.B. Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas. São Paulo. 2012. USP – Tese de Doutorado.

STRIEDER, R.B; KAWAMURA, M.R.D. Perspectivas de participação social no âmbito da educação CTS. *Uni-pluri/versidad*, v.14, n.2, 2014.

TOMÉ, A.C.A. Trabalho e/ou educação: história da educação profissional no Brasil. **Tear:** Revista de Educação Ciência e Tecnologia, v.1, n.2, 2012.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. ISBN: 85-224-0273-6

UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. História da Universidade. Página na *internet*. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/a-instituicao/historico/de-escola-de-aprendizes-a-universidade-tecnologica#>> acesso em: 02 nov. 2015

VAZ, C.R; FAGUNDES, A.B; PINHEIRO, N.A.M. O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão. **Anais** - I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009. ISBN: 978-85-7014-048-72009.

APÊNDICES

APÊNDICE 1	– TERMO DE CONSENTIMENTO.....	122
APÊNDICE 2	– DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE.....	123
APÊNDICE 3	– QUESTIONÁRIO FINAL.....	124
APÊNDICE 4	– QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO.....	126
APÊNDICE 5	– UNIDADE DIDÁTICA: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL.....	127
APÊNDICE 6	– DIÁRIOS DE BORDO; QUESTIONÁRIOS; ATIVIDADES.....	241

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezad@s estudantes,

Prezad@s pais e responsáveis,

Gostaria de comunicar que será desenvolvido um projeto de pesquisa no decorrer do primeiro bimestre letivo de 2015 para a realização do trabalho de dissertação de Glauco Trindade Calzado, aluno do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Professora Doutora Orliney Maciel Guimarães.

O projeto a ser desenvolvido tem como objetivo principal avaliar a aplicação de uma Unidade Didática sobre O Impacto Ambiental da Atividade Industrial na disciplina de Análise Ambiental. Tal proposta é destinada a estudantes do Curso Técnico em Química.

O pesquisador pretende utilizar os dados obtidos para futuras publicações, sejam eles na forma eletrônica ou impressa, assim como em trabalhos para congressos, simpósios e encontros da área, esclarecendo que nenhum participante terá seu nome identificado no material a ser elaborado para a conclusão da pesquisa.

Conto com a sua colaboração e participação para a conclusão deste projeto. Por favor, caso esteja de acordo, assinale e assine abaixo, colocando nome e R.G.

Obrigado,

Atenciosamente

Professor Glauco Trindade Calzado
glaucoland@gmail.com

() de acordo

Nome d@ estudante: _____

Nome do responsável: _____

Número do R.G.: _____

Data: ___/___/____.

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO FINAL

- 1) Quais os aspectos negativos que você destacaria no desenvolvimento das aulas deste primeiro bimestre? Justifique suas observações.

- 2) Quais os aspectos positivos que você destacaria no desenvolvimento das aulas deste primeiro bimestre? Justifique suas observações.

- 3) Que modificações você sugere que poderiam ser feitas na forma como foram desenvolvidas as aulas deste bimestre? Explique e exemplifique.

- 4) Você considera que as atividades humanas tais como a produção industrial são capazes de provocar algum efeito à saúde do ser humano? Tais atividades são capazes de prejudicar a biodiversidade? Justifique sua resposta.

- 5) Você considera importante que todos os envolvidos com a produção de uma indústria tenham conhecimento e pensem sobre seus respectivos processos produtivos? Por que razões? Explique sua resposta.

- 6) O fenômeno natural do efeito estufa terrestre e o aquecimento global do Planeta podem ser descritos como sendo uma só coisa? Explique sua resposta.

- 7) A existência do composto ozônio (O_3) na atmosfera terrestre será benéfica em toda e qualquer situação? Explique sua resposta.

- 8) Existem interferências da sociedade, influências tendenciosas ou falta de imparcialidade no trabalho científico de elaboração das teorias científicas? Justifique a sua resposta.

- 9) Você considera que os parâmetros de qualidade de água para o consumo humano são definidos de forma totalmente independente de quaisquer interesses político-econômicos? Explique sua resposta.

- 10) Qual o seu posicionamento diante da seguinte afirmação, “atualmente a sociedade mundial passa por período de elevado nível de desenvolvimento científico e tecnológico, por tanto, as tecnologias empregadas para garantir a saúde das populações em todos os lugares são sempre as melhores e mais adequadas”. Você concorda ou discorda desta frase? Justifique sua resposta.

11) Você compreende qual a definição de Poluente Emergente? Você considera que há ou não a necessidade de realizar mudanças nas tecnologias de tratamento de águas no Brasil? Explique a sua resposta.

12) Quando você adquire um determinado produto em um mercado comum consegue perceber que estão relacionadas a este uma série de responsabilidades quanto aos seus efeitos sobre o ambiente e a sociedade? Explique esta situação.

13) Você percebe que existem relações entre as tecnologias, suas aplicações no cotidiano e a vida dos cidadãos na sociedade tecnológica? Explique como isto pode ser verificado e que consequências podem resultar de tais relações.

14) Você consegue perceber com clareza quais as relações existentes entre o desenvolvimento tecnológico de uma nação e o seu nível de soberania? Explique esta seu entendimento sobre esta situação.

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Durante o primeiro bimestre deste ano letivo, nas aulas da disciplina de Análise Ambiental foram abordados diversos assuntos para tratar da temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial.

Solicitamos sua colaboração (sem a necessidade de se identificar) no sentido de expressar opiniões que contribuam para avaliar o desenvolvimento deste trabalho e o que pensou sobre ter participado do processo.

Pedimos atenciosamente que responda às questões que seguem:

- 1) Você pôde perceber uma orientação específica para a organização e desenvolvimento das aulas de Análise Ambiental. Quais os aspectos negativos e os positivos que você poderia destacar nesta forma de trabalho nas aulas?
- 2) A Unidade Didática trabalhada procurou abordar a temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial. Você considera que este tema foi tratado em profundidade? O que você considera que poderia ter sido também tratado?
- 3) A sua avaliação no processo de desenvolvimento da Unidade Didática foi realizada por meio da sua elaboração de Diários de Bordo. Qual a sua opinião sobre esta forma de avaliação?
- 4) Você percebeu diferenças entre a forma de trabalho durante as aulas de Análise Ambiental e as outras disciplinas do seu Curso? O que mais lhe chamou atenção neste caso? Quais as vantagens ou desvantagens de cada tipo de trabalho?
- 5) Você considera que a forma de trabalhar com os conteúdos ao longo das aulas da Unidade Didática facilitou ou dificultou sua aprendizagem? Expresse sua opinião.
- 6) Você considera que existem situações ou formas de desenvolvimento das aulas que poderiam ser modificados ou melhorados? Quais as suas sugestões para estes casos?
- 7) Quanto ao seu envolvimento e participação durante o desenvolvimento das aulas da Unidade Didática entre 0 e 10 que nota você atribuiria a si? Escreva sobre as razões para esta nota.
- 8) Sobre o desenvolvimento dos trabalhos em equipe escreva sobre o que você pensa, é uma forma de ajuda ou prejudica o estudo e o aprendizado? Você considera que sua participação contribuiu ou não com os colegas?
- 9) Você percebe que a temática Impacto Ambiental da Atividade Industrial envolve questões de ciência, da tecnologia, da sociedade, do ambiente de forma indissociável? Você considera que as aulas desenvolvidas durante a Unidade Didática contribuíram para a sua compreensão de tais relações?
- 10) De que maneira você considera que o trabalho desenvolvido com esta Unidade Didática pode ter contribuído para a sua formação ou futura atuação profissional?

APÊNDICE 5 – UNIDADE DIDÁTICA
IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 1

1. Introdução: a presente aula foi organizada com o intuito de utilizar o estudo de duas situações de acidentes ambientais históricos e de grandes proporções como argumento à discussão do impacto das atividades humanas relacionadas à produção industrial e à exploração do ambiente natural.

2. Conteúdo Específico: histórico ambiental dos acidentes decorrentes da poluição hídrica e atmosférica.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: abordar os conteúdos poluição hídrica e poluição atmosférica como efeitos decorrentes da atividade industrial. Discutir a questão dos efeitos adversos à saúde decorrentes da contaminação ambiental por metais pesados e produtos químicos industriais, os efeitos ao ambiente natural decorrentes da atividade humana e as consequências de posicionamentos envolvendo posturas quanto a segurança em relação ao desenvolvimento de processos produtivos industriais.

5. Conteúdos privilegiados: efeitos da contaminação hídrica e atmosférica; consequências da atividade humana.

6. Orientação didática: os efeitos da contaminação hídrica e atmosférica e as consequências da atividade humana foram tratados em aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo acerca dos conteúdos

específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos sobre o tema central da aula, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, item **b** a seguir. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto na **atividade proposta**, como descrito nos itens subsequentes:

a) Introdução do problema: com o objetivo de dar estímulo e espaço aos estudantes para que expressassem seus conhecimentos e concepções iniciais acerca do conteúdo, foram lançados os seguintes questionamentos: **I** – Vocês conhecem algum acidente provocado pelo ser humano que tenha alcançado grande impacto e causado males a população ou ao ambiente natural? **II** – Vocês conhecem algum tipo de elemento ou composto químico capaz de provocar males à saúde humana? **III** – Vocês tem conhecimento de uma enfermidade denominada Mal de Minamata? **IV** – O que vocês pensam sobre os cuidados com segurança associados à indústria química?

b) Discussão dialogada: os estudantes procederam à leitura do texto integrante do roteiro '*AULA 1 – A doença de Minamata e o desastre de Bhopal*' (p.136-141), no qual destacaram passagens julgadas relevantes. Após a leitura foram requisitados a elaborar respostas às questões do material. Findas, a leitura e o trabalho com as questões, os estudantes foram orientados para que estruturassem comentários sobre os aspectos mais relevantes do texto e as respostas elaboradas, justificando suas posições, passando em seguida a *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: Analisando as características do comportamento humano frente a gestão ambiental e a administração da produção, expostos nos acidentes da baía de Minamata – Japão, ou de Bhopal – Índia, relatados no roteiro de aula, além de outros acidentes dos quais você tenha conhecimento sobre as causas relacionadas e suas consequências, procure redigir um conjunto de normas que, quando aplicadas a tais situações, permitam o controle das atividades industriais de

forma a evitar a ocorrência de acidentes similares que venham a atingir a população e o ambiente.

7. Recursos didáticos: roteiro de aula do estudante: '*AULA 1 – Histórico ambiental: acidentes envolvendo a poluição hídrica e atmosférica*'; Fichas para redação; Fichas de diário de bordo.

8. Avaliação: Os estudantes foram avaliados pela participação demonstrada nas discussões em sala, pelo conteúdo desenvolvido em resposta aos questionamentos propostos no roteiro de aula, pelo desenvolvimento da atividade proposta e pela elaboração dos relatos de experiência do desenvolvimento das aulas, denominado Diário de Bordo, produzidos em casa e entregues na aula subsequente.

REFERÊNCIAS

COSTA, D.T.; VAZ, J.S.; LOPES, J.S.F.; GOTARDI, A. Grandes impactos ambientais no mundo. **Caderno meio ambiente e sustentabilidade**. ano.1 n.1 jul/dez 2012. disponível em: <<http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/cadernomeioambiente/issue/view/8>> acesso em: 13 set. 2014

BRASIL. Embaixada do Japão no Brasil. 2012. **Questões Ambientais**. disponível em: <<http://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html>> acesso em 26 set. 2014

CHEMELLO, E. Desastre em Bhopal. **Química Virtual**. setembro, 2010. disponível em: <<http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2010setembro-bhopal.pdf>> acesso em: 10 set. 2014

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

GREENPEACE. **Bhopal: O descaso continua...** disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/bhopal/docs/Bhopal_desastre_continua.pdf> acesso em: 10 set. 2014
JAPÃO. Ministério do Meio Ambiente do Governo do Japão. Divisão de Saúde e Segurança do Meio Ambiente. **Enseñanzas de la Enfermedad de Minamata y el Manejo del Mercurio en Japón**. 2013. disponível em: <http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/es_full.pdf> acesso em: 14 set. 2014

LIMA, V.F.; MERÇON, F. Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v.33, n.4, novembro 2011

MACHADO, A.A.S.C. O desastre de Bhopal no contexto da química verde, a sua causa última: um retrocesso. In: **QUÍMICA** Revista da Sociedade Portuguesa de Química. n.118. jul/set 2010. disponível em: <https://www.academia.edu/1586402/O_DESASTRE_DE_BHOPAL_NO_CONTEXTO_DA_QUIMICA_VERDE_-_A_SUA_CAUSA_ULTIMA_UM_RETROCESSO> acesso em: 1 set. 2014

UNION CARBIDE CORPORATION. Statement of Union Carbide Corporation Regarding the Bhopal Tragedy – BHOPAL, 2013. disponível em: <<http://www.bhopal.com/~media/Files/Bhopal/2013/ucs13.pdf>> acesso em: 26 set. 2014

UNION CARBIDE CORPORATION. Chronology – BHOPAL, 2013. disponível em: <<http://www.bhopal.com/~media/Files/Bhopal/2013/chrono13.pdf>> acesso em: 26 set. 2014

AULA 1 – A doença de Minamata e o desastre de Bhopal.

Doença de Minamata – Japão

No período das primeiras décadas do século passado, na baía de Minamata, estado de Kumamoto, Japão, uma indústria que produzia fertilizantes mudou suas atividades passando a produzir basicamente acetaldeído, um subproduto necessário à fabricação de materiais plásticos, para suprir as necessidades de uma série de outras indústrias que se encontravam em fase de pleno desenvolvimento e ampliação da produção. O processo produtivo do acetaldeído empregava o mercúrio orgânico e acabava por produzir como um dos principais rejeitos do processo o metilmercúrio.

A indústria em questão era a Chisso Corporation que, em decorrência da falta de conscientização de governantes, empresários e da população em geral, somada à preocupação central com a reestruturação econômica do país, numa época histórica em que o Japão se recuperava dos efeitos da segunda grande guerra mundial, nenhuma ação foi tomada no sentido de estabelecer leis, políticas públicas, emprego de equipamentos ou definição de procedimentos visando proteger o ambiente natural dos efeitos da ação do ser humano, assim, a referida indústria, durante um período de aproximadamente 30 anos, por volta de 1936 até 1966, não encontrou qualquer tipo de obstáculo que a impedisse de lançar nas águas da baía de Minamata os rejeitos do seu processo produtivo (BRASIL, 2012), entre os quais estava presente o metilmercúrio.

O mercúrio é considerado um metal pesado devido a sua massa atômica de valor 200,59 g/mol de elemento e principalmente em relação aos seus drásticos efeitos tóxicos aos animais em geral (LIMA, 2011), como consequência de sua biodisponibilidade. No caso aqui relatado, durante vários anos os moradores da região de Minamata apresentaram diversos sintomas decorrentes da sua sistemática intoxicação por mercúrio, manifestando-se de forma diversa desde a perda da acuidade visual, irritabilidade, desorientação, impedimento da fala, distúrbios da audição, tremores, insônia, dores de cabeça, entre outros sintomas como a perda da função renal, danos aos pulmões e ao sistema cardio vascular (JAPÃO, 2013).

No caso da baía de Minamata passaram-se alguns anos sem que se fizesse a associação entre a causa e os efeitos dos males constatados, tendo sido atribuídas as enfermidades sofridas pela população a algum tipo não identificado de epidemia,

passando a ser conhecida como a doença de Minamata. Somente em 1956 um grupo de médicos estudando a situação concluiu um diagnóstico permitindo oficialmente declarar a existência da doença (JAPÃO, 2013), após três anos de pesquisas ficou definido que a causa estava associada a contaminação das pessoas pelo organomercúrio que, quando despejado pela indústria nas águas da baía se acumulava no organismo dos peixes, o principal alimento daquela população, a partir dos quais o mercúrio era então consumido.

A poluição decorrente do lançamento de resíduos pela Chisso Corporation deixou uma marca de contaminação no ambiente natural daquela região japonesa que somente foi completamente solucionada no ano de 1997, passados quase 30 anos da interrupção completa do processo de produção do acetaldeído. A recuperação ambiental foi marcada pela remoção da rede de isolamento das águas da baía de Minamata, que durante 23 anos impediu que os peixes daquele local nadassem em águas abertas (BRASIL, 2012; JAPÃO, 2013).

Atualmente o Japão é um dos países signatários do Protocolo de Kyoto, de cuja criação participou ativamente desde o ano de 1997. Internamente este país apresenta uma diversidade de problemas com a poluição de seu ambiente, porém, procura desenvolver uma série de ações de controle e possui uma legislação que objetiva a preservação das condições ambientais e a proteção de sua população.

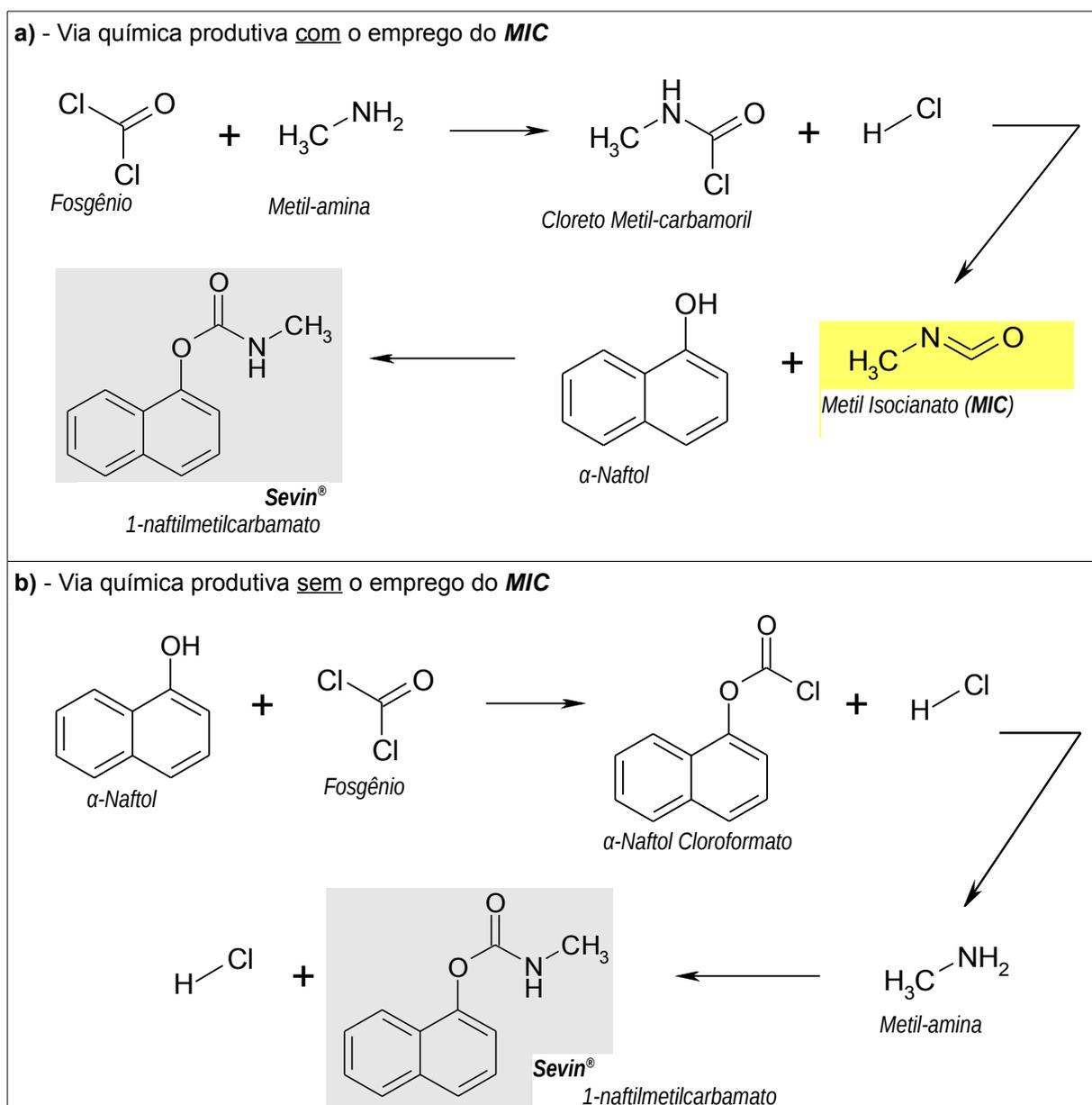
Desastre de Bhopal – Índia

Na década de 70 do século passado a empresa norte-americana Union Carbide, do ramo químico industrial, mantinha em território indiano 14 plantas industriais destinadas a produção de uma diversidade de produtos. Uma dessas plantas era localizada no centro da cidade de Bhopal, no estado de Madhya Pradesh – Índia, tendo as atividades dedicadas a produção de um pesticida de uso agrícola sob nome Sevin[®], intensivamente utilizado pelos agricultores indianos.

No processo produtivo adotado pela Union Carbide, para a obtenção do Sevin[®], existiam duas vias de reações orgânicas como possibilidades que levavam ao produto final. Uma dessas cadeias de reações químicas empregava um composto intermediário, de nome metil iso-cianato (MIC), para produzir a molécula do carbaril (1-naftilmetilcarbamato) que é o princípio ativo do agrotóxico Sevin[®]. Uma outra cadeia reativa para a fabricação do mesmo carbaril era conhecida, desde 1958, representando uma via de reações que não contava com a presença do MIC,

possuindo no entanto um custo de produção mais elevado devido a exigências de maior número de etapas no processo e um sistema de segurança bem mais rigoroso e complexo. Estas duas vias reativas de produção podem ser observadas no quadro 1, adaptado de MACHADO (2010) e CHEMELLO (2010).

Quadro 1 – vias reativas de produção do carbaril ou 1-naftilmetilcarbamato (**Sevin®**)



As características químico-físicas do MIC são muito interessantes e agravantes para o caso de sua dispersão no ambiente. O metil iso-cianato é extremamente volátil, inflamável e também mais denso do que o ar atmosférico (MACHADO, 2010), algo que, quando de sua dispersão, faz com que se dissemine eficientemente pelo ambiente e permaneça concentrado próximo ao solo.

Na Índia, após alguns anos de atividade da Union Carbide produzindo o Sevin® na planta da cidade de Bhopal, na noite do dia 3 para o dia 4 de dezembro de 1984 um vazamento de água atingiu os tanques reservatórios de MIC na fábrica, a reação que se processou como resultado do contato entre água e MIC desencadeou um processo exotérmico com substancial produção de gases tóxicos. Esses gases atingam uma válvula de escape da estrutura industrial e foram assim liberados na atmosfera atingindo uma enorme parcela da população local. Milhares de crianças, mulheres, homens e animais da cidade de Bhopal foram intoxicados com a nuvem de MIC que se dispersou sem que qualquer tipo de controle fosse possível. Conforme artigo elaborado pelo Greenpeace (2002), o número de corpos sem vida espalhados pelas ruas da cidade ao amanhecer, juntamente com aqueles que vieram a falecer nos dois dias posteriores ao desastre, foram contabilizados em aproximadamente 8.000 pessoas, das quais uma parcela significativa morreu enquanto dormia. Outras milhares de pessoas, que não se tornaram vítimas fatais, chegam a totalizar uma soma de aproximadamente 150.000 atingidos, os quais tiveram como efeitos da exposição aos gases liberados: irritações aos olhos que em muitos casos levou a cegueira; problemas respiratórios com lesões pulmonares permanentes; problemas neurológicos diversos; efeitos deletérios ao aparelho reprodutivo das vítimas apresentando entre outras sequelas a má formação fetal. Estima-se que atualmente, mesmo tendo se passado mais de 30 anos do ocorrido, na região de Bhopal ainda morrem entre 10 e 15 pessoas todo mês em decorrência dos efeitos remanescentes do desastre provocado pela norte-americana Union Carbide. Atualmente todo o patrimônio da empresa é propriedade da multinacional norte-americana Dow Chemical Company.

A empresa norte-americana Union Carbide, em sua unidade produtiva no estado de Louisiana, adotou a via reativa que empregava o produto intermediário MIC, para produzir o Sevin®, a partir de 1973. Ciente dos riscos que envolviam o emprego deste produto, lá empregava rigorosos protocolos e equipamentos para a manutenção da segurança do processo produtivo. No entanto, ao transpor da América do Norte para a Índia tal modelo de produção, por alguma razão não manteve os mesmos rigores técnicos para garantir a segurança necessária à fabricação do carbaril ou mesmo a integridade da população da região (MACHADO, 2010). Esta situação apresenta como agravante o fato de que a planta indiana da Union Carbide se localizava no centro da cidade de Bhopal.

Segundo informações da empresa Union Carbide (2013) e do Greenpeace (2002), em 1989 um processo jurídico contra a empresa foi promovido na Índia concluindo pelo pagamento de uma indenização de US\$ 470 milhões às vítimas, quantia suficiente para cobrir algumas das despesas médicas por um período máximo de apenas 5 anos.

– **Questões** para reflexão e estruturação do conhecimento:

1. de que forma o desenvolvimento das atividades industriais, como os apresentados na produção de plásticos e agrotóxicos, são capazes de causar impacto à população?
2. O que você pode perceber que ocorreria caso não fosse instalada a rede aquática no local em que foi constatada a existência da doença de Minamata?
3. que razões podem ter contribuído para que a indústria norte-americana empregasse padrões de segurança menos rigorosos em território indiano em relação aos empregados em solo norte-americano?
4. que aspectos você considera que foram relevantes, para a indústria, associados a opção pelo uso da cadeia reativa empregando o composto intermediário MIC?
5. Como técnico@ em química atuando em uma indústria, quais responsabilidades e preocupações deverão ser levadas em consideração no momento de definição das características do processo produtivo a ser empregado?

REFERÊNCIAS

COSTA, D.T.; VAZ, J.S.; LOPES, J.S.F.; GOTARDI, A. Grandes impactos ambientais no mundo. **Caderno meio ambiente e sustentabilidade**. ano.1 n.1 jul/dez 2012. disponível em: <<http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/cadernomeioambiente/issue/view/8>> acesso em: 13 set. 2014

BRASIL. Embaixada do Japão no Brasil. 2012. **Questões Ambientais**. disponível em: <<http://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html>> acesso em 26 set. 2014

CHEMELLO, E. Desastre em Bhopal. **Química Virtual**. setembro, 2010. disponível em: <<http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2010setembro-bhopal.pdf>> acesso em: 10 set. 2014

GREENPEACE. **Bhopal: O descaso continua...** disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/bhopal/docs/Bhopal_desastre_continua.pdf> acesso em: 10 set. 2014

JAPÃO. Ministério do Meio Ambiente do Governo do Japão. Divisão de Saúde e Segurança do Meio Ambiente. **Enseñanzas de la Enfermedad de Minamata y el Manejo del Mercurio en Japón**. 2013. disponível em: <http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/es_full.pdf> acesso em: 14 set. 2014

LIMA, V.F.; MERÇON, F. Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v.33, n.4, novembro 2011

MACHADO, A.A.S.C. O desastre de Bhopal no contexto da química verde, a sua causa última: um retrocesso. In: **QUÍMICA** Revista da Sociedade Portuguesa de Química. n.118. jul/set 2010. disponível em: <https://www.academia.edu/1586402/O_DESASTRE_DE_BHOPAL_NO_CONTEXTO_DA_QUIMICA_VERDE_-_A_SUA_CAUSA_ULTIMA_UM_RETROCESSO> acesso em: 1 set. 2014

UNION CARBIDE CORPORATION. **Bhopal Gas Tragedy Information – BHOPAL, 2013**. disponível em: <<http://www.bhopal.com/~media/Files/Bhopal/2013/ucs13.pdf>> acesso em: 26 set. 2014

UNION CARBIDE CORPORATION. **Chronology – BHOPAL, 2013**. disponível em: <<http://www.bhopal.com/~media/Files/Bhopal/2013/chrono13.pdf>> acesso em: 26 set. 2014

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 2

1. Introdução: a presente aula foi organizada de forma a abordar as características do fenômeno natural do efeito estufa e do efeito das radiações solares sobre a atmosfera de nosso Planeta, além da possibilidade de as atividades humanas contribuírem para o incremento deste fenômeno natural.

2. Conteúdo Específico: radiações solares e efeitos dos gases no ar atmosférico.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: tratar da dinâmica do fenômeno atmosférico natural do efeito estufa; discutir a capacidade humana de interferência neste fenômeno em decorrência das suas atividades no Planeta; Abordar as relações entre aumento do efeito estufa e a ocorrência do aquecimento global.

5. Conteúdos privilegiados: radiações solares; efeito estufa; atividades humanas.

6. Orientação didática: os efeitos das radiações solares e dos gases no ar atmosférico foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central da aula, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi previsto no planejamento a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a

exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b**. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme discriminado nos itens subsequentes:

a) Introdução do problema: com o objetivo de inserir argumentos às discussões posteriores da aula, os estudantes foram apresentados à demonstração '*AULA 2 – Simulador: O efeito estufa diante de seus olhos!*' (p.146), uma estrutura que simula a dinâmica de uma estufa agrícola, ou casa de vegetação, de forma a se estabelecer uma analogia com a dinâmica do fenômeno do efeito estufa. Para estimular a discussão e investigar quais conhecimentos possuíam, os estudantes foram interpelados oralmente por meio das seguintes questões: **I** – Como vocês descreveriam o mecanismo do fenômeno atmosférico do efeito estufa? **II** – Vocês consideram que o efeito estufa e o aquecimento global são a mesma coisa? **III** – Vocês sabem quais tipos de radiações estão relacionadas com a ocorrência do efeito estufa ou do aquecimento global? **IV** – Que importância vocês consideram que o efeito estufa ou o aquecimento global possam ter para os seres humanos? **V** – Vocês consideram que há evidências científicas suficientes para afirmar que existe um aquecimento global em consequência das atividades humanas?

b) Discussão dialogada: reunidos em duplas os estudantes prosseguiram a leitura do texto '*AULA 2 – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências*' (p.147-151), contendo definições dos conceitos relacionados as radiações solares e ao fenômeno do efeito estufa. Finda a leitura foram orientados a aprimorar e/ou reformular suas respostas aos questionamentos iniciais, sendo adicionada a seguinte questão, **VI** – Quais razões vocês imaginam que tenham levado o governo norte-americano a não ser signatário do Protocolo de Kyoto?. A partir das discussões estabelecidas as duplas passaram a desenvolver a *atividade proposta*, cujo intuito foi organizar ideias e entendimentos sobre o efeito estufa e o aquecimento global.

ATIVIDADE PROPOSTA: vocês acabaram de receber em sua residência a visita de

um habitante do planeta Marte, seu objetivo é explicar a ele o fenômeno natural do efeito estufa, assim, irão desenvolver um desenho representando esquematicamente a dinâmica das radiações solares e seu comportamento de maneira a explicar o funcionamento deste fenômeno natural de nosso Planeta.

Na confecção do referido esquema procure se assegurar de que o mesmo será capaz de responder às seguintes perguntas:

1. como é possível que a temperatura do ar terrestre seja diferente da temperatura do ambiente extraterrestre?
2. quais são as causas que podem provocar um aumento nas quantidades atmosféricas dos gases capazes de contribuir para o efeito estufa?
3. o comportamento atual do efeito estufa na Terra é capaz de provocar como consequência a ocorrência de um aquecimento global? Como deveriam ser o comportamento e as características da atmosfera para que ocorresse tal situação?

7. Recursos didáticos: roteiro do estudante: '*AULA 2 – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências*'; estrutura de simulação: '*AULA 2 – Simulador: O efeito estufa diante de seus olhos!*'; folhas de sulfite e materiais para desenho.

8. Avaliação: Os estudantes foram avaliados pela participação demonstrada nas discussões em sala, pelo conteúdo desenvolvido na atividade de desenho proposta após a leitura do texto e pela elaboração dos relatos de experiência e acompanhamento do desenvolvimento das aulas, denominado Diário de Bordo, produzidos em casa e entregues na aula subsequente.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre. Bookman, 2002. ISBN 978-85-363-0002-3

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.lettras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

SILVA, C.N.; LOBATO A.C.; LAGO R.M.; CARDEAL Z.L.; QUADROS A.L. Ensinando a Química do Efeito Estufa no Ensino Médio. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. v.31, n.4 nov. 2009. disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/09-PE-1208.pdf> acesso em: 02 set. 2014

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. Química no Efeito Estufa. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. N.8, nov. 1998. disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf>> acesso em: 02 set. 2014

AULA 2 – Simulador: O efeito estufa diante de seus olhos!

A estrutura a seguir é uma proposta simples para que de forma demonstrativa se possa simular a ocorrência do fenômeno do Efeito Estufa em nossa atmosfera.

Estrutura e materiais (figura 1):

- dois copos com água;
- uma caixa de sapatos;
- filme plástico;
- papel alumínio;
- luz do Sol ou de uma luminária;
- dois termômetros comuns (opcional).



Figura 1 – estrutura para o simulador
FONTE: o autor (2016)

Procedimento:

- Forrar o interior da caixa com papel-alumínio;
- Colocar um dos copos com água no interior da caixa;
- Tampá-la com filme plástico;
- Colocar a caixa ao lado do segundo copo com água (que estará desprotegido) na direção de uma luz forte – é preferível o aproveitamento da incidência direta da luz solar;
- Após 15 minutos (aproximadamente) abrir a caixa e comparar as temperaturas da água dos copos adotando o contato do dedo colocado na água de um depois de outro. Opcionalmente poderão ser utilizados dois termômetros.

Discussão: comente com os estudantes sobre o que foi constatado levando em consideração os conteúdos estudados e discutidos sobre o tema Efeito Estufa.

REFERÊNCIA

PONTO CIÊNCIA. Sítio de experimentos da internet. disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=636&O+EFEITO+ESTUFA+DIANTE+DOS+SEUS+OLHOS>> acesso em: 29 set. 2014

AULA 2 – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências.

Efeito Estufa

O termo efeito estufa surgiu em decorrência da associação feita entre o comportamento da atmosfera terrestre e o funcionamento de estufas de cultivo de plantas, ou casas de vegetação, que em países de língua inglesa são conhecidas como *packing house* ou *greenhouse*.

O funcionamento das estufas utilizadas por cultivadores de plantas em geral atende ao seguinte princípio, as estruturas destas construções podem ser confeccionadas em metal, madeira ou mesmo utilizando canos de plástico tipo *PVC*, estas estruturas são então recobertas com vidro ou plástico transparente e se observa que, com a incidência de raios solares há um aquecimento do interior do ambiente devido a radiação infra-vermelha do sol, o ambiente interno passa a ter uma temperatura maior que o exterior, a qual é mantida constante pois, na estrutura de uma estufa em geral não existem acessos por onde o ar aquecido possa sair.

A dinâmica descrita acima, que também foi simulada com a estrutura observada no início da aula, foi utilizada como analogia na descrição do comportamento atmosférico por especialistas em climatologia, análises ambientais, ambientalistas e outros estudiosos, no intuito de tornar mais nítida a compreensão do fenômeno que ocorre naturalmente em nosso Planeta.

A camada de ar que envolve toda a superfície da Terra, se medida desde o nível do mar, possui uma extensão média de aproximadamente 10 mil metros de altitude, podendo ser entre 7 a 9 mil metros nos polos e entre 13 a 15 mil metros nas regiões temperadas do Globo, esta camada recebe a denominação de Troposfera e compreende a extensão atmosférica em que é possível encontrarmos a ocorrência de fenômenos meteorológicos tais como as chuvas e ventos, por exemplo, além da presença dos gases oxigênio e nitrogênio em concentrações expressivas, e ainda vapores d'água em abundância (SILVA *et al.* 2009). É a troposfera a responsável pela proteção da Terra contra os raios provenientes do Sol, que trazem certos benefícios mas também representam uma série de consequências nocivas.

A radiação solar que atinge nosso Planeta ocorre nas formas de: radiação visível – comprimentos de ondas entre 400nm ~ 700nm (1nm (nanômetro) = 0,000001mm (milímetro)); radiação ultravioleta (**UV**) – comprimentos de onda entre 10nm ~ 400nm – que ao incidir na superfície é refletida em sua *quase* totalidade,

porém após ter sido transformada em radiação infravermelha (*IV*), ondas cujo comprimento está entre 0,7nm ~ 1.000nm. Assim o solo terrestre passa a ficar aquecido, no entanto, o ar não, este deveria permanecer a uma temperatura similar àquela observada no espaço exterior ao Planeta, algo próximo dos -18°C (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1998); (SILVA *et al.* 2009), porém a temperatura total média da Terra, incluindo o ar, é de aproximadamente $+15^{\circ}\text{C}$. Como explicar tal fato, tendo-se em conta ainda que nem o gás nitrogênio (N_2) ou o oxigênio gasoso (O_2) apresentam contribuição direta na manutenção da temperatura de nossa atmosfera, que é composta por aproximadamente 78% N_2 e 21% de O_2 ?

O que pode auxiliar nesta explicação é o fato de que existem certos compostos gasosos que, dadas as características de suas estruturas moleculares, apresentam a importante capacidade de absorção e reemissão da radiação infravermelha por serem sensíveis a esta radiação proveniente dos raios solares, resultando em um aquecimento do ar. A radiação *IV* absorvida por estes gases provoca um tipo de *efeito rebote*, isto porque as suas moléculas são aceleradas e passam também a emitir radiação infravermelha, esta por sua vez se dispersa pela atmosfera próxima a superfície terrestre e a mantém aquecida. O esquema da figura 1 retrata de forma simplificada este mecanismo.

Esta característica molecular capaz de desencadear a dinâmica descrita faz com que estes gases atuem de forma análoga aos vidros da estufa ou casa de vegetação que foi comentada no início do texto. Este efeito permite ainda que exista um equilíbrio entre as temperaturas diurnas e no-

turnas em nosso Planeta, a diminuição ou a falta desse efeito pode ser percebida sutilmente pelo rápido resfriamento do ar no entardecer, durante o inverno, em regiões temperadas, principalmente quando o céu se apresenta desprovido da presença de nuvens (BAIRD, 2002).

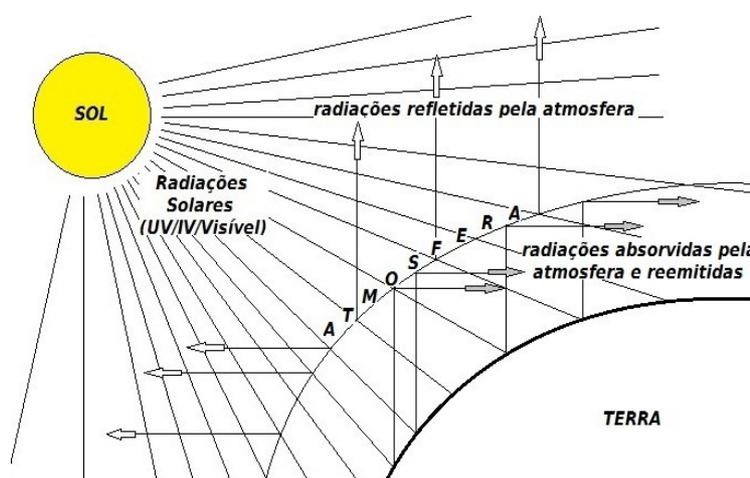


Figura 1 – comportamento das radiações solares na atmosfera terrestre.

FONTE: o autor (2016)

O principal responsável pela ocorrência natural da dinâmica do efeito estufa no Planeta é o vapor d'água, este encontra-se presente em 85% de nossa atmosfera, juntamente com as partículas de água que figuram em aproximadamente 12% desta proteção que nos recobre. Em adicional a nossa atmosfera conta ainda com Argônio (Ar ~ 1%); dióxido de carbono (CO_2 ~ 0,04%); metano (CH_4 ~ 0,0002%); hidroclorofluorcarbonetos (HCFC_s); clorofluorcarbonetos (CFC_s); óxido nitroso (N_2O); hexafluoreto de enxofre (SF_6) (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1998; BAIRD, 2002). Este grupo de gases, apesar de sua reduzida presença percentual na atmosfera, algo próximo de 1%, apresenta capacidades de contribuições e, segundo algumas teorias, incremento ao efeito estufa que podem ser significativas, algo que preocupa quem estuda as características e comportamento da atmosfera. Entre os climatologistas, os analistas ambientais, os ambientalistas e outros cientistas e estudiosos das condições ambientais de nosso Planeta existem aqueles cujos trabalhos defendem que, o acréscimo da emissão de gases de efeito estufa nas últimas décadas tem sido suficientemente significativo para provocar um aumento na temperatura média da Terra, fenômeno ao qual se denominou *Aquecimento Global*, no entanto “o fenômeno de aquecimento global devido ao efeito estufa ainda não foi observado de maneira a convencer a todos de sua existência” (BAIRD, 2002. p.195). As informações concretas, derivadas dos estudos desenvolvidos que se possui a esse respeito, nos apresenta a seguinte situação ilustrada pela figura 2.

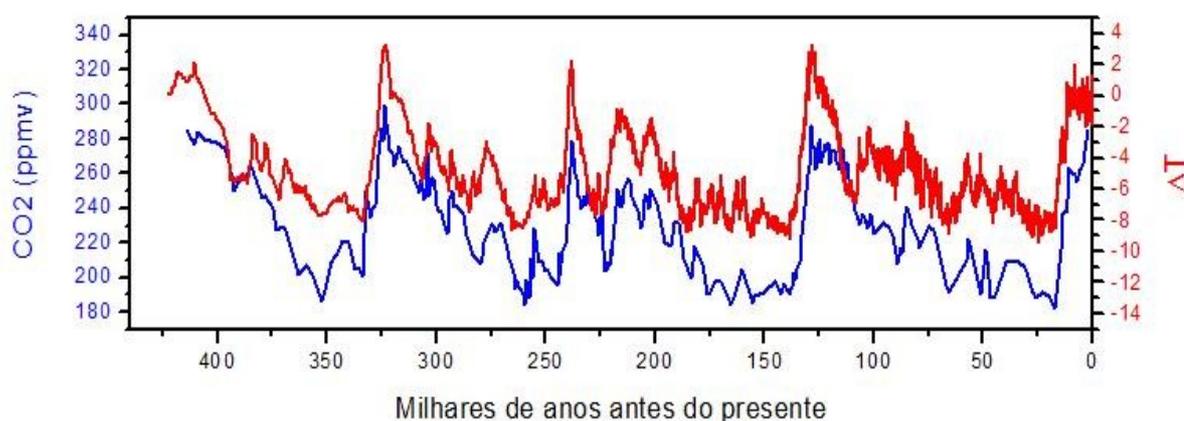


Figura 2 – Gráfico comparativo entre temperatura global da Terra (curva superior) e concentração atmosférica de CO_2 (curva inferior)

FONTE: <http://www.contraditorio.pt/debate-fechado.php?id=18>

O que se pode observar por este gráfico é que as quantidades de CO_2 apresentam um aumento sempre abaixo do aumento da temperatura global e

também em consequência do aumento desta temperatura. Ainda assim há cientistas que defendem o contrário e estão intensamente preocupados com as emissões dos chamados gases de efeito estufa.

No caso do CO_2 a preocupação central se deve ao fato da sua quantidade liberada, em torno de 2,65 bilhões de toneladas/ano, e o tempo de permanência de suas moléculas na atmosfera, cujo tempo de residência se aproxima de 100 anos, este fato no entanto apresenta duas prerrogativas que contestam a teoria do aquecimento global: a). a temperatura global aumenta de forma cíclica e por consequência provoca um aumento nas taxas globais de CO_2 . b). as quantidades globais de CO_2 atmosférico já estiveram maiores do que as observadas atualmente e estão distantes das quantidades máximas admissíveis (taxa de saturação). Estas características podem ser constatadas na figura 2 acima.

Quanto ao CH_4 , apesar de apresentar um tempo de residência na atmosfera próximo a dez anos é preocupante por estar associado a queima incompleta de combustíveis fósseis, por tanto, a tendência nas próximas décadas é que apresente aumento em suas emissões devido ao atual modelo dos processos de produção.

No caso do N_2O as moléculas apresentam um tempo de permanência na atmosfera entre 120 e 170 anos, algo que preocupa devido ao fato de suas emissões também serem associadas a ação do homem moderno e seu modo de vida baseado na queima de combustíveis, carvão e uso de adubação nitrogenada em larga escala.

O caso dos CFC_s é duplamente preocupante devido ao fato de serem 10 mil vezes mais absorventes de radiação infravermelha que o CO_2 e, além desse fato, também serem gases agressivos à estabilidade da camada de ozônio.

Os HCFC_s apresentam uma capacidade de contribuição ao efeito estufa 3.400 vezes maior que o CO_2 e tem preocupado os analistas ambientais pelo fato de que, sendo uma opção como substitutos aos CFC_s , seu uso ter apresentado um substancial crescimento nos últimos anos.

O SF_6 é um gás cuja utilização é bastante reduzida mundialmente e está associado aos produtos empregados na área de energia elétrica, no entanto o tempo de permanência de suas moléculas na atmosfera fica entre 880 e 3.200 anos e seu poder contributivo ao efeito estufa é 25 mil vezes mais significativo que o do CO_2 , fato muito significativo uma vez que a expansão do emprego de estruturas para a transmissão e uso de energia elétrica tem apresentado grande incremento (BAIRD,

2002).

Sendo que a produção dos gases apresentados, teoricamente, sofreu substancial incremento essencialmente devido a ações do homem moderno e seus hábitos de vida, o que inclui a sua mobilidade, a forma de obtenção e manutenção de fontes de energia, o consumo e seu desenvolvimento como espécie em expansão, os governantes e analistas ambientais das mais diversas partes do Mundo procuraram adotar algumas medidas no sentido de controlar os efeitos da ação do homem no ambiente alegando que o desenvolvimento das atividades humanas modernas influenciam diretamente no efeito estufa e provocam o aquecimento global. Assim, no ano de 1.988 foi criada pela Organização das Nações Unidas – ONU uma equipe de responsáveis pela manutenção de uma constante vigilância e discussão das questões relacionadas ao clima do Planeta, esta equipe é denominada de Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (sigla referente aos termos em língua inglesa). Outra ação tomada por governantes das oito nações mais ricas do Mundo foi o estabelecimento e assinatura do Protocolo de Kyoto, ocorrida em 1.997 no Japão, visando essencialmente o controle e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa por todas as nações do Planeta. Deste grupo das oito nações mais ricas do Mundo, denominado G8 e composto na ocasião por: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Reino Unido e Rússia, apenas os estadunidenses não concordaram em assinar e assumir os compromissos políticos estabelecidos no Protocolo de Kyoto tendo se defendido na ocasião com o argumento de que o aumento dos gases citados não provoca o dito aquecimento global.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre. Bookman, 2002. ISBN 978-85-363-0002-3

SILVA, C.N.; LOBATO A.C.; LAGO R.M.; CARDEAL Z.L.; QUADROS A.L. Ensinando a Química do Efeito Estufa no Ensino Médio. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. v.31, n.4 nov. 2009.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. Química no Efeito Estufa. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. N.8, nov. 1998.

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 3

1. Introdução: a aula aqui organizada tratou das relações entre a camada de ozônio e a radiação ultravioleta proveniente do Sol, a formação do ozônio de baixa altitude e sua relação com a interferência humana na atmosfera, além do fenômeno do *smog* fotoquímico.

2. Conteúdo Específico: interações entre ozônio e radiações solares; poluentes atmosféricos; ozônio de baixa altitude.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: discutir as características das radiações provenientes da energia solar, o comportamento atmosférico sob efeito da radiação ultravioleta, o comportamento dos poluentes atmosféricos, a reação de formação de ozônio troposférico e o fenômeno do *smog* fotoquímico.

5. Conteúdos privilegiados: Impactos ambientais da poluição do ar.

6. Orientação didática: as questões referentes a radiações solares, interações com a camada de ozônio, atividades humanas e suas consequências na atmosfera, foram tratadas em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo sobre os conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central da aula, momento da *introdução do problema* descrito no

item **a** abaixo. Na sequência foi planejada a introdução de novos conhecimentos que contemplassem discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das possíveis polêmicas, como consta no item **b**. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme os itens seguintes:

a) Introdução do problema: com o objetivo de estimular e dar espaço aos estudantes para que expressassem seus conhecimentos e concepções iniciais acerca do conteúdo, foram lançados os seguintes questionamentos: **I** – Quais os tipos de radiações provenientes da energia solar que vocês conhecem?; **II** – O que vocês sabem sobre a presença do ozônio na atmosfera terrestre?; **III** – Vocês conseguem especificar em que região da atmosfera pode ser localizado o ozônio?; **IV** – Vocês conseguem identificar quais são os efeitos decorrentes da interação entre o ozônio e os seres vivos na Terra?; **V** – Vocês conhecem os efeitos das atividades humanas sobre o comportamento da atmosfera em ambientes urbanos?

b) Discussão dialogada: os estudantes foram organizados para a leitura, em voz alta, do texto '*AULA 3 – Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana*' contido em seus roteiros, (p.156-162), identificando as características do ozônio, sua distribuição na atmosfera, a formação do composto em baixas altitudes devido as atividades humanas e seus efeitos sobre os seres vivos. Ao longo da leitura foram programadas pelo professor algumas interrupções com o intuito de discutir e/ou destacar as passagens mais relevantes. Ao término do estudo do roteiro, os estudantes foram orientados a retomar suas questões iniciais ao longo do trabalho com a *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: após a leitura do texto do Roteiro 3, reunidos em duplas, vocês deverão retomar as questões iniciais da aula e rever as respostas apresentadas, discutí-las com os colegas e o professor identificando os aspectos que poderão ser melhorados ou corrigidos. Em seguida passarão a elaboração de regulamentações endereçadas aos governantes, aos empresários e aos cidadãos, que possibilitem estabelecer parâmetros a serem seguidos quanto a condutas para:

a mobilidade urbana, o uso de energia e os processos produtivos, as quais deverão ser seguidas no contexto de uma cidade em que os níveis de ozônio troposférico tenham ultrapassando os limites considerados adequados à saúde. As regulamentações elaboradas serão lidas no conjunto da classe e seus conteúdos discutidos pela turma.

7. Recursos didáticos: roteiro do estudante: '*AULA 3 – Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana*'; fichas para organizar a atividade: '*normas de conduta para enfrentamento à presença do ozônio troposférico e seus efeitos*'; fichas de diários de bordo.

8. Avaliação: Os estudantes foram avaliados pela participação que demonstraram nas discussões em sala, pelo conteúdo desenvolvido na atividade de elaboração de regulamentações proposta após a leitura do texto e pela elaboração dos relatos de experiência e acompanhamento do desenvolvimento das aulas, denominado Diário de Bordo, que serão produzidos em casa e entregues nas aulas subsequentes.

REFERÊNCIAS

AÇORES. Fontes e efeitos dos poluentes atmosféricos. Presidência do Governo dos Açores. 2014. disponível em: <<http://www.azores.gov.pt/Gra/srrn-ambiente/conteudo/livres/Fontes+e+efeitos+dos+Poluentes+Atmosf%C3%A9ricos.htm>> acesso em 10 out. 2014

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre. Bookman, 2002. ISBN 978-85-363-0002-3

DALOSO, D. *et al.*. Efeitos da radiação ultravioleta-C sobre a simetria e morfoanatomia foliar de *Rapanea ferruginea* (Ruiz et. Pav) Mez. (Myrsinaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v.31, n.2, pp.165-172, 2009

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

INCA. Estimativa 2014: Incidência de Câncer no Brasil. **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**. Rio de Janeiro. 2014. disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2014/estimativa-24042014.pdf>> acesso em 10 out. 2014

MARTINS, C.R. *et al.* Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n.5. Nov. 2003

MARTINS, L.D. Sensibilidade da produção do ozônio troposférico às emissões veiculares da região metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas – USP, São Paulo. 2006 disponível em: <http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_leila_d_martins_0.pdf> acesso em 17 out. 2014

AULA 3 – Camada de ozônio, radiações solares e interferência humana.

Radiações solares

O Sol é considerado o astro rei do sistema planetário em que vivemos, esta característica se deve, no caso específico da Terra, ao fato que desta estrela provém a energia necessária a manutenção da vida no Planeta. A energia em questão é o resultado de radiações solares que alcançam nosso Planeta com os mais diversos comprimentos de onda e que apresentam efeitos tanto benéficos quanto maléficos. Entre estas manifestações aquelas mais significativas são: a luz visível, cujo espectro de ondas varia entre 400nm a 750nm; a radiação infravermelha (**IV**) responsável pelo aquecimento do Planeta com comprimentos de onda maiores que 750nm, o que inclui a **IV** térmica cujas ondas estão entre 4.000nm e 100.000nm; e radiações ultravioleta (**UV**) cujos comprimentos de onda se estendem de 50nm a 400nm, entre as quais se encontram as radiações **UV-A** (320~400nm), **UV-B** (280~320nm), **UV-C** (200~280nm) (BAIRD, 2002).

Uma sistematização da variação de intensidade para diferentes comprimentos de onda pode ser vista na figura 1 ao lado.

Entre todos os tipos de radiações provenientes do Sol, a que causa maiores preocupações é a do tipo **UV** devido aos decorrentes efeitos biológicos que pode apresentar aos seres vivos, o que inclui a espécie humana, sendo capaz de nos provocar efeitos deletérios e levar ao câncer de pele, que é o tipo mais comum de câncer que ocorre na população mundial,

além de um tipo mais raro, o melanoma maligno, que pode ter efeito letal para 25% dos portadores (BAIRD, 2002). No Brasil, para o ano de 2014, conforme o Instituto Nacional do Câncer – INCA (2014), é estimada a ocorrência de algo próximo de 82,24 novos casos para cada 100 mil mulheres e aproximadamente 100,75 novos casos de câncer de pele a cada 100 mil homens de nossa população, sendo que as radiações solares **UV** são apontadas como a principal causa correlacionada.

Os efeitos de cada um dos tipos de radiação estão sintetizados na tabela 1.

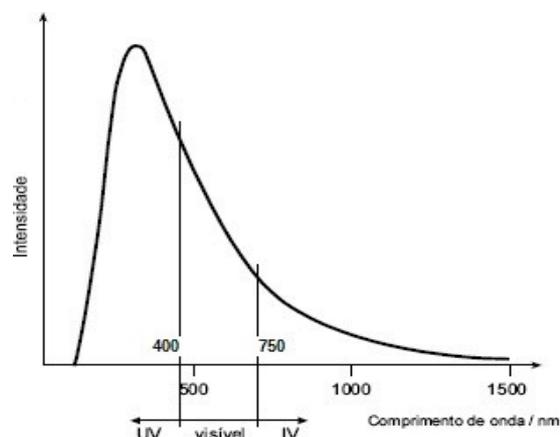


Figura 1 – comprimentos de onda em nm
FONTE: o autor (2016)

Tabela – 1 diferentes tipos de radiações solares e seus efeitos

Radiações		Efeitos
ultravioleta	UV-C (200~280nm)	danos a fotossíntese e fototropismo; potencial letal a toda a vida
	UV-B (280~320nm)	cancêr de pele; melanoma maligno
	UV-A (320~400nm)	menor efeito nocivo ao ser humano
visível	(400~750nm)	definição das cores
infravermelho	(> 750nm)	manutenção da temperatura do Planeta

FONTES: INCA (2014)

Ao observar os dados é possível então imaginar que, caso os seres humanos direta ou indiretamente sofressem todas as consequências de tais radiações, dificilmente sobreviveriam a elas. Como é então possível a nossa vida neste Planeta?

Ocorre que a atmosfera terrestre é capaz de *selecionar* alguns tipos de radiações e permitir que outros penetrem. Esta seleção é devida as interessantes e providenciais características físico-químicas da atmosfera onde existem alguns gases cujos efeitos são ideais como filtros de radiações. Primeiramente temos o oxigênio diatômico (O_2) que é o mais importante filtro de radiações solares, sendo responsável pela retenção de praticamente toda a radiação **UV-C** (200~280nm) que, caso atingisse a superfície terrestre poderia limitar ou mesmo impedir a vida. No entanto o O_2 somente possui capacidade filtrante de radiações com ondas de até aproximadamente 220nm, assim, uma parcela de radiações **UV-C** entre os 220~280nm poderia nos alcançar.

O que ocorre é que na faixa entre 220~295nm entram em ação as moléculas do ozônio (O_3) estratosférico, ou seja, ozônio da região entre 15.000 e 30.000m de altitude. O O_3 estratosférico por tanto é responsável pelo bloqueio do acesso de quase toda a radiação **UV-B** proveniente do sol, existindo, é verdade, uma pequena parcela que nos alcança e é capaz de causar o cancêr de pele, caso seja absorvida pelas moléculas do DNA do nosso corpo. Esta faixa não filtrada (295~320nm) de radiações **UV-B** é a que preocupa cientistas, dermatologistas e a população em geral devido aos seus efeitos, justificando uma série de cuidados com a saúde. Para os comprimentos de onda além dos 325nm não há qualquer tipo de elemento ou composto filtrante na nossa atmosfera, no entanto, as radiações solares dessa faixa de comprimento de ondas, as **UV-A**, não apresentam efeitos nocivos a vida terrestre. Assim, a noção que se tem sobre o ozônio é a de um composto gasoso que *defende*

a nossa vida. Pois bem, veremos outro lado deste composto na sequência.

Ozônio de baixa altitude

Existe uma região da nossa atmosfera, a troposfera, que se estende entre altitudes máximas de 15.000m, conforme a figura 2, podendo ser reduzida para algo em torno de até 8.000m nos polos sul e norte do Planeta.

Esta região pode eventualmente apresentar uma importante concentração de ozônio. Quando aí ocorrem as concentrações deste gás podem ser bastante nocivos os efeitos observáveis ao ser humano e à vida terrestre. O ozônio de baixa altitude, diferente do que ocorre com o ozônio localizado na estratosfera, é

um gás que pode apresentar um importante comportamento contributivo ao fenômeno do efeito estufa, além de outras consequências que podem afetar diretamente a saúde da população.

Primeiramente procure compreender o que ocorre em grandes altitudes. Na estratosfera, acima dos 15.000m, a formação do ozônio ocorre pelo efeito da ação da radiação **UV** proveniente do Sol, especificamente a **UV < 320nm**, o que está esquematicamente representado na figura 3. Ali é possível observar

um processo em que o ozônio (**O₃**) que foi formado por consequência de colisões entre átomos de oxigênio elementar (**O**) e moléculas de oxigênio diatômico (**O₂**), é

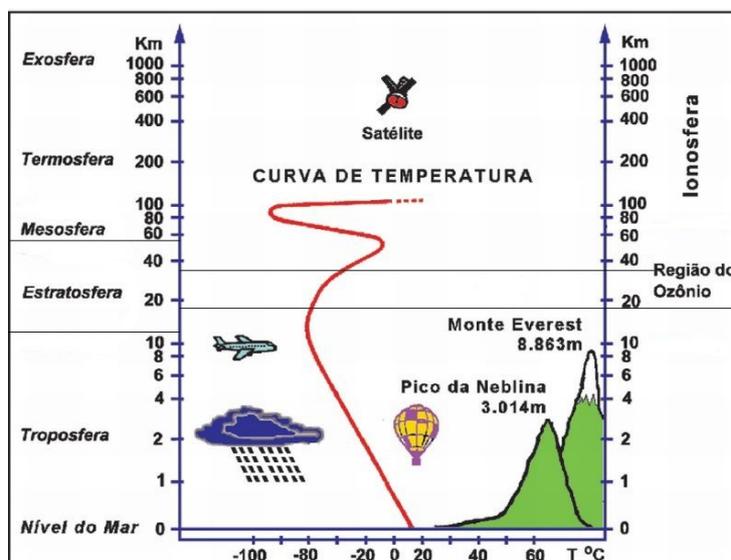


Figura 2 – regiões da atmosfera terrestre (MARTINS, 2003)

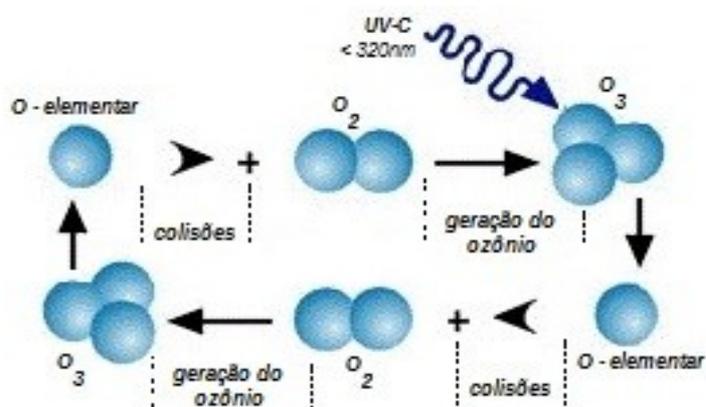


Figura 3 – reação de regeneração do ozônio estratosférico
 FONTE: o autor (2016)

degradado pela radiação **UV-C**, formando então **O** e **O₂**, para logo em seguida ser regenerado. Este processo é repetido de forma sistemática, ocorrendo na estratosfera devido as condições específicas daquele ambiente, que propicia a existência do oxigênio elementar, podendo então reagir com o **O₂** e regenerar o **O₃** destruído anteriormente pela radiação solar.

Já em altitudes menores que 15.000m, correspondentes a região troposférica, as condições naturais encontradas não são propícias a formação do **O₃** devido a inexistência de oxigênio em estado elementar e pelo fato do **O₂** estratosférico funcionar como bloqueio às radiações solares de faixas menores que 320nm, como você já leu anteriormente. Este fato é importante, afinal, o ozônio em baixas altitudes pode apresentar efeitos nocivos ao ser humano.

Devido as atividades humanas, as características do hábito de vida moderno de nossa sociedade e aos diferentes processos produtivos empregados para manter estes hábitos, foram identificadas condições troposféricas que oportunizam a formação de consideráveis quantidades de **O₃**. Este fenômeno origina o que pode ser considerado como “uma camada de ozônio no lugar errado” (BAIRD, 2002), e ocorre como consequência da existência de poluentes primários que reagem e ocasionam a produção de poluentes secundários. Os poluentes primários mais importantes presentes na atmosfera poluída são, óxido nítrico (**NO**) e compostos orgânicos voláteis (**COV_s**). A presença do **NO** no ar está associada basicamente a queima incompleta de combustíveis fósseis, quando ocorre uma associação entre o oxigênio do ar e o nitrogênio. Já a presença dos **COV_s** se deve a evaporação de solventes, fabricação de produtos químicos, armazenagem de derivados de petróleo, águas residuais contaminadas entre outros compostos voláteis.

Quando ocorrem altos índices de poluentes primários na atmosfera e estes são expostos a luz solar, eles reagirão exaustivamente com o **O₂** originando outros compostos orgânicos,

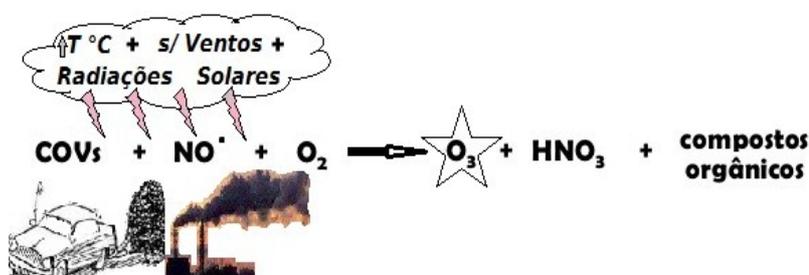


Figura 4 – síntese da reação de formação do ozônio troposférico:
1º Termo (poluentes primários) > 2º Termo (poluentes secundários)
FONTE: o autor (2016)

ácido nítrico e principalmente moléculas de ozônio, como está representado na figura 4.

O processo reativo demonstrado na figura, ocorrendo em combinação com condições climáticas específicas como, temperaturas elevadas, altos índices de incidência solar, pouca mobilidade do ar atmosférico (ausência de ventos), resultará na constatação do que passou a ser denominado desde a década de 50 do século passado como **smog fotoquímico**, termo derivado da união das palavras inglesas *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina). Ele se concretiza como uma neblina amarelo-amarronzada formada por gotículas contendo produtos das reações entre os poluentes primários do ar, sendo que um dos produtos formados é o ozônio, que nestas altitudes é nocivo à saúde humana (BAIRD, 2002).

Este ozônio troposférico, de baixa altitude, apresenta efeitos diferentes daquele estratosférico, de grandes altitudes. Uma exposição a certos níveis dele reduz funções pulmonares, causa dores no peito, tosse, náuseas e congestão pulmonar, além de irritar o trato respiratório dificultando a respiração e ocasionando inflamações brônquicas e tosse (AÇORES, 2014). Podem ainda ser observados certos danos de ordem material tais com a deterioração de superfícies pintadas ou o ressecamentos de materiais que empregam a borracha, como os pneus dos automóveis por exemplo. Como padrão de segurança para a presença do ozônio na atmosfera de ambientes poluídos a Organização Mundial da Saúde – OMS estabeleceu o teto máximo de 100ppb (partes por bilhão) deste composto, enquanto que uma massa de ar classificada como pura não deverá possuir mais do que 30ppb de ozônio (BAIRD, 2002).

Especificamente para o Brasil, por intermédio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, estabeleceram-se Indicadores de Desenvolvimento Sustentável reunindo levantamentos realizados nas principais cidades do país. Segundo estes dados diversas cidades tem apresentado de forma sistemática índices elevados de emissão de ozônio, conforme pode ser constatado pela observação da tabela 2, ali aparecem especificamente quantas vezes ao ano cada uma das cidades extrapolou os limites considerados adequados para os níveis de emissão de ozônio de baixas altitudes, o ozônio troposférico. É possível assim definir uma perspectiva sobre como as cidades brasileiras estão de *comportando* em relação à poluição ambiental e suas emissões de O_3 .

Um outro fator relevante que ajuda a aumentar as preocupações acerca do

incremento da poluição nas grandes cidades é a geração de subprodutos poluidores

Tabela 2 – número de violações do padrão primário nacional de qualidade do ar para o O₃ em algumas capitais brasileiras.

ANO	Numero de violações (padrão primário de O ₃)								
	Belo Horizonte	Curitiba	Distrito Federal	Porto Alegre	Rio de Janeiro	Salvador	São Paulo	Vitória	Recife
1995	-	-	-	-	-	2	17	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	135	-	-
1997	-	-	-	-	-	2	201	-	-
1998	-	-	-	-	-	2	121	-	-
1999	-	-	-	-	0	9	294	-	-
2000	-	524	-	-	0	15	253	-	-
2001	-	129	-	-	0	25	285	-	-
2002	-	16	-	1	18	26	335	-	-
2003	15	9	-	0	6	6	284	-	-
2004	1	18	-	0	0	0	220	-	-
2005	19	11	-	1	4	0	158	-	-
2006	2	2	-	5	15	0	168	0	-
2007	5	6	-	8	21	0	294	0	-
2008	18	4	-	6	9	0	146	-	-

FONTE: Índice de Desenvolvimento Sustentável – IBGE (2010)

capazes de provocar diversas consequências aos seres vivos tais como o aumento da acidez das chuvas, a acidificação dos solos e no caso específico do ozônio, além dos efeitos já mencionados, existe comprovadamente a possibilidade deste limitar ou mesmo impedir a realização dos processos fotossintéticos das plantas em geral, assim, uma outra consequência ao ambiente como um todo, devido a concentração excessiva de ozônio, seria constatada por uma significativa diminuição dos processos de troca gasosa do sistema representado por plantas e ar atmosférico, além da diminuição da própria quantidade de plantas existentes (AÇORES, 2014).

Pelo que foi aqui exposto é possível que se perceba que uma das consequências advindas da formação do ozônio troposférico pode ser a contribuição para uma diminuição da biodiversidade dos ecossistemas, uma vez que este limita o desenvolvimento de plantas e dificulta a sobrevivência de seres vivos mais frágeis.

REFERÊNCIAS

AÇORES. **Fontes e efeitos dos poluentes atmosféricos**. Presidência do Governo dos Açores. 2014. disponível em: <<http://www.azores.gov.pt/Gra/srrn-ambiente/conteudos/livres/Fontes+e+efeitos+dos+Poluentes+Atmosf%C3%A9ricos.htm>> acesso em 10 out. 2014

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre. Bookman, 2002. ISBN 978-85-363-0002-3

DALOSO, D. *et al.*. Efeitos da radiação ultravioleta-C sobre a simetria e morfoanatomia foliar de *Rapanea ferruginea* (Ruiz et. Pav) Mez. (Myrsinaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v.31, n.2, pp.165-172, 2009

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudos e pesquisas: informação geográfica n.7**. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro. 2010. ISBN 978-85-240-4133-4

INCA. Estimativa 2014: Incidência de Câncer no Brasil. **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**. Rio de Janeiro. 2014. disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2014/estimativa-24042014.pdf>> acesso em 10 out. 2014.

MARTINS, C.R. *et al.* Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n.5. Nov. 2003.

MARTINS, L.D. Sensibilidade da produção do ozônio troposférico às emissões veiculares da região metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas – USP, São Paulo. 2006 disponível em: <http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_leila_d_martins_0.pdf> acesso em 17 out. 2014.

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 4

1. Introdução: a presente aula deu espaço às discussões acerca da elaboração de teorias sobre as atividades humanas e sua interferência no fenômeno natural do efeito estufa. O intuito foi analisar conhecimentos acerca de causas do aquecimento global do Planeta, relações de interesse envolvidas no uso dos conhecimentos científicos, além de polêmicas entorno das relações entre atividades humanas e aquecimento global.

2. Conteúdo Específico: efeito estufa; atividades humanas; aquecimento global; uso de teorias e conhecimentos científicos.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: analisar os interesses no uso de teorias que tratam da possibilidade da ação humana interferir no equilíbrio atmosférico contribuindo para o incremento do fenômeno natural do efeito estufa, desencadeando a ocorrência do fenômeno do aquecimento global. Identificar a relação entre tais teorias e suas fundamentações em conhecimentos científicos.

5. Conteúdos privilegiados: Impactos ambientais da poluição do ar.

6. Orientação didática: inicialmente foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central, estruturando a aula para que estimulasse a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos de estudo com os estudantes, momento

da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de conhecimentos fomentando discussões e exposição de pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, item **b** a seguir. A intenção foi estimular a turma a expor argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto na **atividade proposta**, conforme discriminado nos itens subsequentes:

a) Introdução do problema: com o objetivo de estimular e dar espaço aos estudantes para que expressassem seus conhecimentos e concepções iniciais acerca, das relações existentes entre atividades humanas, fenômeno do efeito estufa e como compreendem a construção das teorias científicas sobre o aquecimento global, foram lançados os seguintes questionamentos: **I** – qual o conhecimento que vocês tem sobre a teoria do aquecimento global do Planeta? **II** – que relação vocês podem fazer entre atividades humanas e o ambiente natural e a responsabilidade destas pelo aquecimento global? **III** – vocês consideram que os cientistas, em seu trabalho de elaboração das teorias científicas, permanecem imparciais e indiferentes a qualquer influência que seja externa a este trabalho? **IV** – vocês consideram que algo atestado como “cientificamente comprovado” deve ser aceito de forma segura e sem necessidade de questionamentos? **V** – vocês consideram que uma teoria científica possa ter seus resultados influenciados pelo ser humano? **VI** – vocês consideram que um único fato ou informação, sendo bastante consistente, pode comprovar uma teoria científica? As opiniões e conceitos centrais foram registradas pelos estudantes e os pontos de destaque escritos pelo professor na lousa para que fossem retomadas em discussão posterior.

b) Discussão dialogada: expressas as opiniões e conhecimentos prévios dos estudantes, foi apresentada uma seleção de trechos, com 44 min., do documentário produzido pelo canal de TV do Reino Unido, *Channel4*, intitulado '*A Grande Farsa do Aquecimento Global*' ou '*The Great Global Warming Swindle*' (no original em inglês), acerca das relações entre a teoria do aquecimento global e sua fundamentação em conhecimentos científicos. Após assistirem ao documentário os estudantes se reuniram em duplas com a tarefa de discutir e responder às questões da *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: procure se reunir com um colega de turma formando duplas de trabalho e desenvolva as seguintes questões:

a) rever, discutir e elaborar respostas para os questionamentos de **I** até **VI**, feitos no início da aula;

b) conforme o conteúdo do documentário assistido vocês concordam que o comportamento estudado sobre as quantidades de CO₂ emitidas pelas atividades humanas permite se afirmar que tal gás seja a causa do aquecimento global em nosso Planeta? Defendam suas respostas.

c) que tipos de variáveis vocês compreendem que podem ser levadas em consideração e apresentam capacidade de influência na construção do trabalho científico? Defendam suas respostas.

7. Recursos didáticos: apresentação de trechos de do documentário '*A Grande Farsa do Aquecimento Global*' sobre críticas e explicações sobre a teoria do aquecimento global; ficha de redação 1 para questionário inicial, ficha de redação 2 de parecer final sobre a opinião das equipes de trabalho formadas pelos estudantes.

8. Avaliação: a avaliação esteve pautada na observação da participação de cada um dos estudantes durante os momentos do debate e da aula como um todo, além da realização dos seus respectivos diários de bordo em que foram solicitados a confrontar as ideias construídas antes e após a participação no debate.

REFERÊNCIAS

A Grande Farsa do Aquecimento Global. The Great Global Warming Swindle. Direção: Martin Durkin. **Channel4 TV**. Reino Unido. 8 mar. 2007. disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tpvpiBiuki4>> acesso em: 30 out. 2014

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.lettras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 5

1. Introdução: a presente aula deu espaço a uma análise dos parâmetros de qualidade das águas envasadas e das águas tratadas para o consumo humano estabelecidos em documentos oficiais e o confronto destas especificações e parâmetros com situações práticas encontradas pelo cidadão comum no cotidiano.

2. Conteúdo Específico: água; parâmetros de qualidade; eficiência de tratamento.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas).

4. Objetivos: abordar o conteúdo dos parâmetros de qualidade de água para o consumo humano e a segurança dos padrões aplicados pelos documentos oficiais que regulamentam os serviços de tratamento e o setor de comercialização de águas para o consumo humano.

5. Conteúdos privilegiados: Água – Poluição: dinâmica, causas e consequências.

6. Orientação didática: os conteúdos água; parâmetros de qualidade; dinâmica e causas de contaminação, foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central da aula, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de

vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, item **b** a seguir. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: inicialmente a turma foi convidada para um '*teste de degustação*' em que os estudantes provaram a água contida em três diferentes recipientes, descaracterizados, de distintos tipos de fontes, a saber: a) água mineral comercial; b) água tratada da rede de abastecimento e filtrada em purificador de água; c) água tratada da rede de abastecimento e filtrada por velas de carvão ativado em filtro de barro, devendo classificá-las conforme cor, odor e preferência individual de paladar. Os resultados apontados foram anotados para considerações posteriores. Na sequência foram lançadas as seguintes questões: **I** – Vocês sabem quais as exigências e os padrões para a comercialização de águas envazadas, como água mineral ou gaseificada? **II** – Vocês sabem quem regulamenta essas exigências? **III** – Vocês conhecem os parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano? **IV** – Vocês sabem qual(is) o(s) órgão(s) responsável(eis) pelo controle e regulamentação de cada um destes parâmetros?

b) Discussão dialogada: após os questionamentos iniciais, o subsídio à (re)construção de conhecimentos sobre qualidade de água para o consumo humano foi dado pelo material do roteiro de apoio, '*Aula 5 – águas comerciais e águas de redes de abastecimento*' (p.170-182), contendo tabela com informações sobre classificação de níveis de toxicidade dos agrotóxicos usados no Brasil, além de tabelas com parâmetros para as exigências de qualidade de água destinada a comercialização, ao abastecimento residencial com água tratada e os padrões para o consumo humano definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS (p.42-45). Foi ainda disponibilizada a entrevista concedida pelo professor Víctor Alvarez, da Universidade Federal do Paraná (p.46-51), tratando do controle do uso de agrotóxicos. Finalmente foi apresentado o vídeo '*História da água engarrafada*' (com 8 min. e 03 seg.), sobre a exploração comercial da água em detrimento do incentivo ao consumo da água tratada. Após as discussões e trabalho com tais materiais os estudantes foram requisitados a responder às '*questões para discussão*' presentes

no roteiro de aula, tendo sido em seguida orientados à produzir uma tabela similar às estudadas e um *folder* explicativo com o intuito de informar a população acerca de questões sobre o consumo de água.

ATIVIDADE PROPOSTA: Após o estudo das tabelas 1, 2, e 3, da leitura da entrevista com professor Victor Alvarez – UFPR e terem assistido o vídeo '*A História da Água Engarrafada*' vocês passarão a se dedicar à seguinte produção:

1 – Uma tabela contendo as características ideais de qualidade da água para o consumo humano conforme padrões rigorosos que garantam a segurança da população.

2 – Um *folder* explicativo para a divulgação à população de informações a respeito da qualidade da água a ser consumida assim como dos riscos de contaminação que podem afetar a qualidade e segurança da água.

Esta atividade terá como questões norteadoras de trabalho as seguintes:

a) Que parâmetros você empregaria se fosse requisitado a desenvolver uma análise e avaliação da qualidade de água para o seu próprio consumo? Elabore uma tabela que identifique os limites máximos admitidos em sua avaliação.

b) Que informações você incluiria como recomendações fundamentais a serem destacadas com o intuito de contribuir para a conscientização da população em geral quanto ao consumo de água e quanto a ações que contribuam para a preservação deste recurso natural?

7. Recursos didáticos: Garrafas e copos para degustação de água; roteiro do estudante; textos; tabelas; vídeo; material para confecção de *folder*; fichas de diário de bordo.

8. Avaliação: esteve pautada na observação da participação de cada um dos estudantes durante a aula, em suas respectivas produções das tabelas de parâmetros de qualidade da água e *folders* propostos na atividade.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V.M.P. A fragilidade da Anvisa e o uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil. Entrevista ao INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS *on line*. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/539242-fragilidade-da-anvisa-e-o-uso-indiscriminado-de-agrotoxicos-no-brasil-entrevista-especial-com-victor-manoel-pelaez-alvarez>> acesso em: 29 jan. 2015

BRASIL. Resolução RDC nº 274, de 22/09/2005. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo. Brasília, 23 set. 2005

BRASIL. Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo. Brasília, 14 dez. 2011

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

LEONARD, A. História da água engarrafada. The Story of the Bottled Water. Direção: Louis Fox. Produção: Annie Leonard. E.U.A. 2010.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil**: um guia para ação em defesa da vida. – Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. World Health Organization. Geneva. 2011. ISBN 978 92 4 154815 1

AULA 5 – Águas comerciais e águas de redes de abastecimento.

No roteiro desta aula vocês encontrarão a possibilidade de conhecer parâmetros de qualidade de água para o consumo humano conforme diferentes fontes e instituições (p.42-45). Poderão saber algumas características do trabalho de investigação e controle de qualidade da água, realizado no âmbito da ANVISA, conforme declarações prestadas pelo professor Victor Alvarez – UFPR na entrevista em anexo. Por fim assistirão ao micro documentário da norte-americana e ambientalista Anne Leonard – '*A história da água engarrafada*'.

Durante o estudo destes materiais serão desenvolvidas discussões entre os colegas e com o professor, em sequência trabalharemos com algumas questões.

1 Águas comerciais: padrões ANVISA – especificações

Desde 22 de setembro do ano de 2005 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, tem estabelecido o 'Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo'. Este documento estabelece as características que deverão atender a “Água Mineral Natural, a Água Natural, a Água Adicionada de Sais envasadas e o Gelo para consumo humano” (ANVISA, 2005) para que seja autorizada a sua comercialização. A organização destes valores pode ser observada na **tabela 1** (p.42).

2 Águas tratadas: padrões MS – especificações

Por outro lado, águas tratadas para o consumo humano provenientes de estações de tratamento de águas localizadas nos centros populacionais, apresentam também parâmetros de qualidade e são determinados pelo Ministério da Saúde – MS por intermédio da portaria 2914/11, conforme consta na **tabela 2** (p.43).

3 Águas tratadas: padrões da OMS – especificações

Além das especificações que foram apresentadas acima, existem ainda diretrizes com parâmetros de qualidade de potabilidade para águas destinadas ao consumo humano estipulados e defendidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS cujos valores, em parte, são levados em consideração pela ANVISA ao estipular seus próprios parâmetros de potabilidade. As diretrizes da OMS estão identificadas na **tabela 3** (p.44-45).

4 Agrotóxicos no Brasil – Classificação toxicológica

Os agrotóxicos foram classificados pela Anvisa do ponto de vista dos seus efeitos agudos. Eles estão divididos em quatro classes, conforme a tabela 4:

Tabela 4 – especificações das classes toxicológicas de agrotóxicos brasileiros			
Classe	Toxicidade	DL 50% oral – produtos sólidos	Cor na embalagem
I	Extremamente tóxico	≤ 0,005 mg do produto / kg de peso	Faixa vermelha
II	Altamente tóxico	> 0,005 até 0,05 mg do prod. / kg de peso	Faixa amarela
III	Moderadamente tóxico	> 0,05 até 0,5 mg do produto / kg de peso	Faixa azul
IV	Pouco tóxico	> 0,5 mg do produto / kg de peso	Faixa verde

FONTE: o autor (2016)

“A classificação toxicológica dos agrotóxicos é feita em função de estudos laboratoriais com exposição oral, dérmica e inalatória para determinar a CL50 e DL50 (Concentração Letal e Dose Letal, dadas em miligramas do produto tóxico por quilo de peso corporal necessários para matar 50% dos ratos ou outros animais expostos ao produto). Para os estudos de DL50 oral, por exemplo, produtos sólidos se enquadram na Classe I, Extremamente Tóxicos, quando a DL50 é ≤ 0,005 grama/kg de peso do rato. Na Classe II, Muito Tóxicos, quando a DL50 é > 0,005 até 0,05 grama/kg. Classe III - Moderadamente Tóxicos, DL50 > 0,05 a 0,5 gramas/kg. Classe IV - Pouco Tóxicos, DL50 > 0,5 gramas/kg. Ao final da análise de uma bateria de estudos de exposição por via oral, dérmica e inalatória, a classe tóxica do produto será determinada pela mais tóxica que aparecer em um dos estudos agudos.”(LONDRES, 2011, p.30)

No Brasil existe uma série de agrotóxicos ainda comercializados e cujos respectivos princípios ativos já foram banidos na Europa. Uma lista completa destes produtos pode ser encontrada na página da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR. Entre estes produtos existe uma enorme porcentagem pertencente a classe toxicológica I, extremamente tóxicos, como por exemplo: AMPLO; ARROW; AVATAR; BAZUKA 216; BOXER, entre outros (ADAPAR, 2015).

Questões para reflexão e estruturação do conhecimento:

A partir da análise dos conteúdos das três tabelas que trazem parâmetros de qualidade da água para o consumo humano, procure responder aos seguintes questionamentos:

a) Quais as diferenças mais significativas que podem ser observadas em uma análise comparativa entre as tabelas 1, 2 e 3?

b) É possível identificar diferentes exigências nos padrões de segurança para a saúde humana ao estabelecer uma comparação entre as tabelas? Faça uma análise destas características.

c) Na degustação das águas realizada ao início desta aula qual foi aquela cujo paladar lhe pareceu mais agradável? Aquela do recipiente 1, 2 ou 3? Você considera que é possível a água contida em alguma das amostras estar contaminada? Explique sua resposta.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V.M.P. A fragilidade da Anvisa e o uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil. Entrevista ao INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS *on line*. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/539242-fragilidade-da-anvisa-e-o-uso-indiscriminado-de-agrotoxicos-no-brasil-entrevista-especial-com-victor-manoel-pelaez-alvarez>> acesso em: 29 jan. 2015

BRASIL. Resolução RDC nº 274, de 22/09/2005. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo. Brasília, 23 set. 2005

BRASIL. Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo. Brasília, 14 dez. 2011

LEONARD, A. História da água engarrafada. The Story of the Bottled Water. Direção: Louis Fox. Produção: Annie Leonard. E.U.A. 2010.

LONDRES, Flavia. **Agrotóxicos no Brasil**: um guia para ação em defesa da vida. – Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. World Health Organization. Geneva. 2011. ISBN 978 92 4 154815 1

Tabela 1 - Limites para substâncias químicas que representam risco à saúde estabelecidos pela Resolução 274/2005 da ANVISA – Regulamento técnico para águas envasadas e gelo.

Substância		Limite máximo permitido
INORGÂNICAS		
1	Antimônio	0,005 mg/l
2	Arsênio	0,01 mg/l como Arsênio total
3	Bário	0,7 mg/l
4	Boro	5 mg/l
5	Cádmio	0,003 mg/l
6	Chumbo	0,01 mg/l
7	Cianeto	0,07 mg/l
8	Cobre	1 mg/l
9	Cromo	0,05 mg/l como Cromo total
10	Manganês	0,5 mg/l
11	Mercúrio	0,001 mg/l
12	Níquel	0,02 mg/l
13	Nitrato	50 mg/l calculado como nitrato
14	Nitrito	0,02 mg/l como nitrito
15	Selênio	0,01 mg/l
ORGÂNICAS		
1	Acrilamida	0,5 µl/l
2	Benzeno	5 µl/l
3	Benzopireno	0,7 µl/l
4	Cloreto de Vinila	5 µl/l
5	Diclorometano	20 µl/l
6	1,1 Dicloroetano	30 µl/l
7	1,2 Dicloroetano	10 µl/l
8	Estireno	20 µl/l
9	Tetracloroeto de Carbono	2 µl/l
10	Tetracloroetano	40 µl/l
11	Triclorobenzenos	20 µl/l
12	Tricloroetano	70 µl/l
CIANOTOXINAS		
1	Microcistinas	1,0 µl/l
DESINFETANTES E PRODUTOS SEC. DA DESINFECÇÃO		
1	Bromato	0,025 mg/l
2	Clorito	0,2 mg/l
3	Cloro livre	5 mg/l
4	Monocloramina	3 mg/l
5	2,4,6 Triclorofenol	0,2 mg/l
6	Trihalometanos total	0,1 mg/l

AGROTÓXICOS		
1	2,4 D	30 µl/l
2	Alaclor	20 µl/l
3	Aldrin e Dieldrin	0,03 µl/l
4	Atrazina	2 µl/l
5	Bentazona	300 µl/l
6	Clordano (isômeros)	0,2 µl/l
7	DDT (isômeros)	2 µl/l
8	Endossulfan	20 µl/l
9	Endrin	0,6 µl/l
10	Glifosato	500 µl/l
11	Heptacloro e Heptacloro epóxido	0,03 µl/l
12	Hexaclorobenzeno	1 µl/l
13	Lindano (gama-HCH)	2 µl/l
14	Metolacloro	10 µl/l
15	Metoxicloro	20 µl/l
16	Molinato	6 µl/l
17	Pendimetalina	20 µl/l
18	Pentaclorofenol	9 µl/l
19	Permetrina	20 µl/l
20	Propanil	20 µl/l
21	Simazina	2 µl/l
22	Trifluralina	20 µl/l

Tabela 2 - Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Substância		Limite máximo permitido
INORGÂNICAS		
1	Antimônio	0,005 mg/l
2	Arsênio	0,01 mg/l
3	Bário	0,7 mg/l
4	Cádmio	0,005 mg/l
5	Chumbo	0,01 mg/l
6	Cianeto	0,07 mg/l
7	Cobre	2 mg/l
8	Cromo	0,05 mg/l
9	Fluoreto	1,5 mg/l
10	Mercúrio	0,001 mg/l
11	Níquel	0,07 mg/l
12	Nitrato (como N)	10 mg/l
13	Nitrito (como N)	1 mg/l
14	Selênio	0,01 mg/l
15	Urânio	0,03 mg/l
ORGÂNICAS		
1	Acrilamida	0,5 µl
2	Benzeno	5 µl
3	Benzopireno	0,7 µl
4	Cloreto de Vinila	2 µl
5	Diclorometano	20 µl
6	1,1 Dicloroetano	30 µl
7	1,2 Dicloroetano	10 µl
8	1,2 Dicloroetano (cis-trans)	50 µl
9	Di (2-etilhexil)ftalato	8 µl
10	Estireno	20 µl
11	Pentaclorofenol	9 µl
12	Tetracloroeto de Carbono	4 µl
13	Tetracloroetano	40 µl
14	Triclorobenzenos	20 µl
15	Tricloroetano	20 µl
CIANOTOXINAS		
1	Microcistinas	1,0 µl
2	Saxitoxinas	3,0 µ eq. STX/l
DESINFETANTES E PRODUTOS SEC. DA DESINFECÇÃO		
1	Ácidos haleacéticos total	0,08 mg/l
2	Bromato	0,01 mg/l
3	Clorito	1 mg/l
4	Cloro residual livre	5 mg/l
5	Cloraminas total	4,0 mg/l
6	2,4,6 Triclorofenol	0,2 mg/l
7	Trihalometanos total	0,1 mg/l

AGROTÓXICOS		
1	2,4 D + 2,4,5 T	30 µl
2	Alaclor	20 µl
3	Aldicarbe + Aldicarbe solfona + aldicarbe sulfóxido	10 µl
4	Aldrin e Dieldrin	0,03 µl
5	Atrazina	2 µl
6	Carbendazim + benomil	120 µl
7	Carbofurano	7 µl
8	Clordano (isômeros)	0,2 µl
9	Clorpirifós + Clorpirifós-oxon	30 µl
10	DDT + DDD + DDE	1 µl
11	Diuron	90 µl
12	Endossulfan (α, β e sais)	20 µl
13	Endrin	0,6 µl
14	Glifosato + AMPA	500 µl
15	Lindano (gama-HCH)	2 µl
16	Mancozebe	180 µl
17	Matamidofós	12 µl
18	Metolacoloro	10 µl
19	Molinato	6 µl
20	Parationa metílica	9 µl
21	Pendimentalina	20 µl
22	Permetrina	20 µl
23	Profenofós	60 µl
24	Simazina	2 µl
25	Tebuconazol	180 µl
26	Terbufós	1,2 µl
27	Trifluralina	20 µl

Tabela 3 – Diretrizes para qualidade da água potável recomendadas pela Organização Mundial da Saúde publicadas em relatório na quarta edição no ano de 2011.

Substância		Limite máx. permitido
INORGÂNICAS		
1	Acilamida	500 mg/l
2	Antimônio	0,02 mg/l
3	Arsênio	0,01 mg/l
4	Bário	0,7 mg/l
5	Boro	2,4 mg/l
6	Cádmio	0,003 mg/l
7	Chumbo	0,01 mg/l
8	Cobre	2 mg/l
9	Cromo	0,05 mg/l
10	Fluoreto	1,5 mg/l
11	Manganês	0,4 mg/l
12	Mercúrio	0,006 mg/l
13	Molibidênio	0,07 mg/l
14	Níquel	0,07 mg/l
15	Nitrato (como N)	11 mg/l
16	Nitrito (como N)	0,9 mg/l
17	Prata	0,1 mg/l
18	Selênio	0,04 mg/l
19	Sódio	20 mg/l
20	Sulfato	1000 mg/l
21	Urânio	0,03 mg/l
22	Zinco	3 mg/l
ORGÂNICAS		
1	1,1 Dicloroetano	10 µl/l
2	1,1 Dicloroetano	140 µl/l
3	1,1,1-Tricloroetano	2000 µl/l
4	1,2 Dicloroacetona	10 µl/l
5	1,2 Dicloroetano	30 µl/l
6	1,2 Dicloroetano	50 µl/l
7	1,2 Dicloropropano	40 µl/l
8	1,3 Dicloropropeno	20 µl/l
9	1,4 Dioxano	50 µl/l
10	3-cloro-4-diclorometil-5-hydroxy-2-(5H)-furanona – MX	1,8 µl/l
11	Ácido cianúrico	40.000 µl/l
12	Ácido dicloroacético	50 µl/l
13	Ácido monocloroacético	20 µl/l
14	Ácido nitrilotriacético	200 µl/l
15	Ácido tricloroacético	200 µl/l
16	Benzeno	10 µl/l
17	Benzopireno	0,7 µl/l
18	Cianida	0,17 µl/l
19	Cloreto cianogênico	0,6 µl/l

20	Cloreto de Vinila	0,3 µl/l
21	Di (2-etilhexil) adipato	80 µl/l
22	Di (2-etilhexil) ftalato	8 µl/l
23	Diclorobenzenos (1,2 – 1,3 – 1,4)	300~1000 µl/l
24	Dicloroisocianureto de sódio	50.000 µl/l
25	Diclorometano	20 µl/l
26	EDTA Ácido etilenodiaminotetracético	600 µl/l
27	Epiclorohydrin	0,4 µl/l
28	Estireno	20 µl/l
29	Éter matilbutil terciário	15 µl/l
30	Etilbenzeno	300 µl/l
31	Formaldeido	2600 µl/l
32	Hexaclorobutadieno	0,6 µl/l
33	Metolacoloro	10 µl/l
34	Molinato	6 µl/l
35	Monoclorobenzenos	300 µl/l
36	N-Nitrosodimetilamina	0,1 µl/l
37	Nitrobenzeno	8~63 µl/l
38	Tetracloroeto de Carbono	4 µl/l
39	Tetracloroetano	40 µl/l
40	Tolueno	700 µl/l
41	Tricloroacetaldeído	10 µl/l
42	Triclorobenzenos	20 µl/l
43	Tricloroetano	20 µl/l
44	Tricloronitrometano	5 µl/l
45	Xileno	500 µl/l
AGROTÓXICOS		
1	1,2 Dibromo 3 cloroopropano	1 µl/l
2	1,2 Dibromometano	0,4 µl/l
3	2,4 – DB	90 µl/l
4	2,4 – D	30 µl/l
5	2,4 – DP – Diclororprop	100 µl/l
6	2,4,5 – Ácido triclorofenoxi propiônico	9 µl/l
7	2,4,5 T	9 µl/l
8	Ácido 2(2-metil-clorofenoxi) propiônico	10 µl/l
9	Ácido 4(2-metil-4-clorofenoxi)acético	2 µl/l
10	Alaclor	20 µl/l
11	Aldicarbe	10 µl/l
12	Aldrin e Dieldrin	0,03 µl/l
13	Atrazina	100 µl/l
14	Bentazona	300 µl/l
15	Bromodiclorometano	60 µl/l
16	Bromoformio	100 µl/l
17	Carbaril	50 µl/l
18	Carbofurano	7 µl/l
19	Cianazina	0,6 µl/l
20	Clordano	0,2 µl/l
21	Cloroformio	300 µl/l
22	Clorotoluron	30 µl/l

23	Clorpirifós	30 µ/l
24	DDT + metabólitos	1 µ/l
25	Dibromoclorometano	100 µ/l
26	Dicloroacetoneitrilo	20 µ/l
27	Diflubenzuron	250 µ/l
28	Dimetoato	6 µ/l
29	Diquat	6 µ/l
30	Endossulfan	20 µ/l
31	Endrin	0,6 µ/l
32	Fenitrothion	8 µ/l
33	Glifosato + AMPA	900 µ/l
34	Heptacloro e Heptacloro epóxido	0,03 µ/l
35	Hexaclorobenzeno	0,05 µ/l
36	Isoproturon	9 µ/l
37	Lindano (gama-HCH)	2 µ/l
38	Malation	900 µ/l
39	Metil pirimifós	1.000 µ/l
40	Metopreno	1.000 µ/l
41	Metoxicloro	20 µ/l
42	Novaluron	50 µ/l
43	Paration	10 µ/l
44	Parationa metilica	9 µ/l
45	Pendimentalina	20 µ/l
46	Pentaclorofenol	9 µ/l
47	Permetrina	300 µ/l
48	Piriproxifeno	10 µ/l
49	Propanil	? µ/l
50	Simazina	2 µ/l
51	Spinosad	250 µ/l
52	Tebutilazina	7 µ/l
53	Temefos	1.000 µ/l
54	Trifluralina	20 µ/l
CIANOTOXINAS		
1	Microcistinas	1,0 µ/l
DESINFETANTES E PRODUTOS SEC. DA DESINFECÇÃO		
1	2-Fenilfenol	1 mg/l
2	2,4,6 Triclorofenol	0,2 mg/l
3	Bromato	0,01 mg/l
4	Cloraminas monocloraminas	3,0 mg/l
5	Cloreto e Clorato	0,7 mg/l
6	Cloro	5 mg/l

Terça, 27 de janeiro de 2015 – **INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS**

A fragilidade da Anvisa e o uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil.

Entrevista especial com **Victor Manoel Pelaez Alvarez**

“As agências reguladoras estão em fase de desmanche. Isso faz com que o modelo de regulação e controle seja inviabilizado”, destaca o pesquisador.

Imagine um órgão que tem responsabilidade de fiscalizar o uso de agrotóxicos. Esse mesmo departamento sofre com a falta de corpo técnico qualificado e infraestrutura. É gerado pouco conhecimento científico – e há pouco material – que garanta análises de qualidade que poderiam banir substâncias que causem danos ao ser humano e ao meio ambiente. Do outro lado do balcão, multinacionais produtoras de agrotóxicos que lutam com alta tecnologia e grande corpo técnico qualificado contra esse frágil órgão.

Essa é a realidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Em entrevista concedida por *e-mail* à IHU On-Line, o professor da Universidade Federal do Paraná, Victor Manoel Pelaez Alvarez, revela esse cenário. Embora comemore a evolução de um processo que baniu Forato e Parationa Metílica do país, reconhece que a regulação do uso de agrotóxicos precisa melhorar muito.

“O Brasil é o segundo maior mercado consumidor de agrotóxico do mundo, é o maior importador de agrotóxicos no mundo e com a maior taxa de crescimento das importações. Veja que o Brasil tem em torno de 45 técnicos que fazem avaliação. Nos Estados Unidos, são 850 pessoas para fazer a mesma coisa”, complementa.

Para Alvarez, mais importante do que repensar a legislação brasileira sobre o uso de agrotóxicos é de fato colocar em prática o que já existe. “Outro problema é que, quando a Anvisa tenta ter critérios mais rigorosos no processo de análise, começa a congestionar em função do grande número de análises que precisa ser feito. Para se ter ideia: há uma fila de 1500 produtos para avaliação, até junho de 2013. É uma fila que cresce com muita rapidez e não há capacidade de avaliação para atender a essa demanda”, destaca. O cenário ainda piora porque, além de deixar a Anvisa de braços amarrados em decorrência do pouco investimento, a Agência é negociada na lógica da lotação de cargos políticos. “O atual governo passou a capturar as próprias agências reguladoras. Isso na medida em que são cargos colocados à disposição de partidos políticos para a barganha política que a gente conhece”.

Como mudar esse cenário e efetivamente reduzir o consumo de agrotóxicos? Além de dar o devido valor à Anvisa, o pesquisador acredita que o debate também passe por novos modelo de produção. No entanto, adverte: “você não consegue introduzir novos modelos agrícolas, novas tecnologias no curto prazo. É lógico que se diz que agricultura orgânica não é viável. Não é viável no curto prazo, como não era viável o modelo atual no curto prazo. São escolhas, trajetórias tecnológicas cujo resultado vai se dar no médio e longo prazo”.

Victor Manoel Pelaez Alvarez é graduado em Engenharia de Alimentos, mestre em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas e doutor em Ciências Econômicas pela Université de Montpellier I. Além de professor da Universidade Federal do Paraná, é membro do Conselho Editorial do International Journal of Biotechnology e da Revista Brasileira de Inovação.

Confira a entrevista.

IHU On-Line - Em dezembro do ano passado, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa aprovou o banimento dos agrotóxicos Forato e Parationa Metílica. O que são essas substâncias?

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Parationa Metílica é um inseticida usado em várias culturas e o



Cada brasileiro consome em média 5,2 litros de agrotóxicos por ano. Até quando vamos engolir isso?

CAMPANHA PERMANENTE CONTRA OS AGROTÓXICOS E PELA VIDA



Forato é um fungicida e também acaricida usado também em várias culturas. A questão é que são produtos, no caso do Forato, proibido na União Europeia. A Parationa é proibida nos Estados Unidos desde 2013, também na União Europeia e na China.

Essa é a continuidade de um processo que começou em 2008, quando a Anvisa colocou em reavaliação 14 ingredientes ativos e que, até hoje, foram quatro desses ingredientes proibidos. Em 2008, as empresas entraram com processo liminar na Justiça para sustar esse processo de reavaliação.

Em novembro, a Anvisa conseguiu derrubar essa liminar e seguir adiante com a reavaliação de produtos. Boa parte desses produtos é o que consideramos como no fim de um ciclo de vida. Foram produzidos há muito tempo e, na medida em que se descobrem efeitos que não se conheciam, adversos à saúde e ao meio ambiente, é natural que esses produtos sejam descontinuados.

No Brasil e também no mundo inteiro, a estratégia das empresas é sempre buscar formas de adiar ao máximo esse processo. E uma das estratégias é justamente o recurso judicial. E até haver o desfecho do processo judicial, as empresas ganham vários meses e até anos.

IHU On-Line - *E qual a alegação das empresas na Justiça para suspender esses processos? Defendem que o produto não tem reações adversas ao ser humano e ao meio ambiente?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Há vários argumentos. Tanto entram com contraprovas como também dizem que aquilo (o processo) é prejudicial à imagem das empresas. O que não faz sentido nenhum do ponto de vista técnico. Mas, tudo é possível. Ainda mais porque todo processo de avaliação toxicológica é polêmico. Não é perfeito, é cheio de limitações, de critérios de subjetividade. Na realidade, a objetividade surge de uma questão subjetiva.

Por quê? Grupos da comunidade científica entram em acordo sobre determinados critérios a serem adotados. Mas, necessariamente, não são perfeitos, pelo contrário. Uma das imperfeições é justamente que o processo de avaliação é feito caso a caso. Ou seja, o efeito de um único ingrediente ativo sobre as cobaias. Acontece que, na vida real, nos aplicadores ou como a população vai comer (ingerir a substância) há um conjunto de produtos, de resíduos de ingredientes ativos. Então, vai usar uma série de ingredientes na sequência ou em conjunto. E não é feito nenhum estudo sobre o efeito sinérgico da combinação de diferentes ingredientes ativos. Há uma série de limitações, portanto, nas avaliações que são feitas. De qualquer forma, é um grande avanço poder ver que alguns produtos estão saindo do mercado. Veja que é um processo lento. Isso começou em 2008, mas aconteceu mesmo em 2013. Em março de 2008 mesmo, o próprio Ministério Público entrou com uma ação para que a Anvisa de fato retomasse o processo de reavaliação que ficou parado.

E assim a gente entra num outro aspecto que é importante: a falta de infraestrutura regulatória do país. E o Brasil é o segundo maior mercado consumidor de agrotóxico do mundo, é o maior importador de agrotóxicos no mundo e com a maior taxa de crescimento das importações. Só para comparar, veja que o Brasil tem em torno de 45 técnicos vinculados aos três ministérios que fazem avaliação, que é Agricultura, Saúde e Meio Ambiente. São eles que fazem avaliação de produtos. Nos Estados Unidos, são 850 pessoas para fazer a mesma coisa. Lembrando que os Estados Unidos é o maior mercado de agrotóxico. Veja a defasagem em termos de infraestrutura. Nos Estados Unidos, o custo de um registro de um novo ingrediente ativo que vai ser utilizado em alimentos para consumo humano chega até 630 mil dólares. No Brasil, o custo máximo é de mil dólares. Nos Estados Unidos, há uma taxa de manutenção de registro anual e no Brasil não é cobrado nada.

IHU On-Line - *No Brasil, os registros de agrotóxicos não tem data de validade. Uma vez alcançado o registro, passa a valer eternamente. Ou seja, fica a critério do fabricante e de inspeções da Anvisa buscar reavaliações. Qual a sua avaliação sobre essa forma de concessão de registros de agrotóxicos?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Exatamente. O prazo de registro no Brasil é indeterminado. Nos Estados Unidos, são 15 anos. Na União Europeia, 10 anos. Isso faz com que a cada 15 anos, no exemplo dos Estados Unidos, as empresas sejam obrigadas a atualizar os dossiês. Ou seja, os estudos de avaliação toxicológica tanto em relação ao ambiente quanto a saúde do ser humano.

Isso é importante porque há uma evolução natural no conhecimento científico, nos testes que são mais sensíveis e assim por diante. Então, há produtos que estão no mercado há décadas e sem esse processo de reavaliação que é tão fundamental. Além disso, o ônus da prova, no caso do Brasil, cabe ao órgão regulador. Assim, é a Anvisa que tem que financiar estudos, mobilizar recursos, que já são extremamente escassos. E, depois, ainda brigar com o processo legal das empresas retardando o processo de avaliação. Veja a fragilidade de nosso processo regulatório.

IHU On-Line - *E há perspectiva de se rever esse processo regulatório?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - É preciso situar. O Marco Regulatório brasileiro é de 1989, a Lei de Agrotóxicos foi criada em 89. Ela tinha grandes avanços em relação a um decreto que era de 1934. Qual o grande avanço? Exigir estudos toxicológicos, de impacto ambiental, que não havia antes. E, inclusive, de avaliação do desempenho agrônomo do produto.

Até então, nenhuma legislação do mundo tinha a chamada análise de perigo. Todos processos de avaliação de agrotóxico começam com a análise de perigo. Só que aí há uma fase seguinte, como no caso dos Estados Unidos. O que faz o veneno é a dose. Então, se a gente controlar a dose, podemos minimizar o efeito e fazer uma análise do risco, a probabilidade de causar dano. A análise de risco é um modelo (*norte*)americano.



Foto: infobios.com

Ou seja, primeiro se avalia se tem perigo. Se há perigo, vamos avaliar como minimizar isso por uma análise de risco. Assim, se pode recomendar o uso equipamento de proteção individual, determinar dose diária aceitável, ingestão diária e assim por diante. Acontece que alguns produtos podem causar efeitos em doses muito pequenas. Então, é muito difícil esse controle. Nesse caso, a análise do perigo foi instituída por alguns tipos de efeitos. Por exemplo: causa câncer? Não importa a dose, está proibido. Causa má formação fetal, não importa a dose; causa desregulação endócrina, não importa a dose: está proibido.

Bem, está na lei desde 89. Só que uma coisa é estar na lei e a outra é implementar. E aí faltava um grande caminho para chegar lá. A União Europeia substituiu esse tipo de critério agora em 2013. Inclusive, uma série de substâncias que são comercializadas nos Estados Unidos já não podem ser na União Europeia. Isso é um grande incômodo para a indústria de agrotóxicos, que é uma indústria globalizada. São 13 multinacionais que controlam cerca de 90% do mercado mundial. Portanto, não tem interesse nenhum que haja essa falta de harmonização. Obviamente clamam e defendem que o modelo de regulação dos Estados Unidos é o melhor.

Outro problema é que quando a Anvisa tenta ter critérios mais rigorosos no processo de análise começa a congestionar, em função do grande número de análises que precisa ser feito. Para se ter ideia: hoje, na Anvisa, há uma fila de 1500 produtos para avaliação, até junho de 2013. É uma fila que cresce com muita rapidez e não há capacidade de avaliação para atender a essa demanda. Em função disso, começam a surgir demandas por uma mudança na legislação por parte do setor produtivo, dos agricultores, etc. E aí a tendência é sempre minimizar, simplificar o problema.

O que está atravancando? É a atitude da Anvisa? Então, tira fora. Ou seja, coloca tudo num órgão só, centraliza na Agricultura, que historicamente em todos os países sempre foi mais flexível, menos exigente com questões ambientais e de saúde. Há projetos de lei justamente tentando retirar o poder de regulação e de decisão do Ibama e da Anvisa. Ou, ainda, de criar uma agência única, mas também no qual se centraliza o poder no que tange a questão de produção e não de saúde e meio ambiente. O modelo atual também não é satisfatório, nem para as empresas e nem para a população. É um modelo que não tem pessoal suficiente, há sempre conflitos de interesses entre os próprios órgãos que não se entendem, é muito pouco eficiente.

O que é mais impressionante é que o Brasil vai na contramão da tendência histórica, em que os mercados mais exigentes são aqueles em que saúde e meio ambiente são variáveis importantes de mercado. E não o produto mais barato. Negligencia essas variáveis e o coloca como uma oposição à produção. Como se a economia estivesse de um lado e as questões de meio ambiente de outro.

Não são variáveis antitéticas, pelo contrário. As sociedades mais democráticas e evoluídas são aquelas em que essas variáveis estão juntas, porque significa qualidade de vida. E o Brasil volta para décadas atrás ao invés de avançar, estar na liderança, na vanguarda do que seja a preservação da saúde e do meio ambiente.

IHU On-Line – *Pelo que o senhor tem afirmado, essa legislação brasileira nem foi efetivamente posta em prática. É preciso reformar a legislação que temos ou bastaria apenas colocar em prática o que já existe?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Um aspecto importante, que faz parte da Revolução Verde – que surgiu num contexto pós-guerra, da Guerra Fria – era a disputa ideológica de como é que o capitalismo vai evitar que países pobres se tornem países socialistas ou comunistas. O aspecto alimentar é fundamental. Ou seja, a população tem que ter acesso a alimentação.

Como é que a gente faz isso? A fórmula capitalista era baratear os alimentos. Faço um alimento mais barato, que foi justamente a Revolução Verde, que assim há um aumento na produtividade. Só que para ter um aumento de produtividade teve de haver um uso intenso de insumos agrícolas, fertilizantes, sementes, agrotóxicos. E para isso é necessário investimento, capitalização. E é aí que há uma concentração dessa produção.

É um modelo já excludente, socialmente e economicamente, caro, tem o efeito de redução do custo do alimento pelo menos da produtividade. No entanto, não adianta ter oferta de alimento se não há distribuição da renda. E esse é o grande desafio que ainda permanece. Se boa parte da população consegue ter acesso a alimentos mais baratos, uma grande parte não consegue ter acesso porque não tem renda.

O modelo tecnológico colocado, de uso intensivo desses insumos, demandava um marco regulatório para tentar minimizar os efeitos adversos. E isso também tem um custo. Para difundir esses alimentos a baixo custo, foi feito a retirada de impostos de insumos e agrotóxicos.

No Brasil, os insumos agrícolas em geral, incluindo agrotóxicos, são isentos de IPI, tem redução de até 60% de ICMS, tem isenção de PIS/Cofins, o que faz com que o custo seja muito barato. Então, é muito barato produzir no Brasil. Ainda mais porque hoje tudo é muito importado da China, com baixo custo e pouco controle. E o setor público cobra muito pouco do setor privado para regular aquilo que o setor privado não controla e assim por diante.

Então, o modelo em si já é falido. E isso está ligado a um processo de democratização da sociedade. Existem sociedades mais democráticas em que esse custo acaba sendo privatizado, recai sobre as empresas. Em sociedade menos democrática esse custo é socializado, ou seja, é a população que paga. Que é o que acontece no Brasil. O poder político das empresas é muito forte, no sentido de evitar que haja taxaço e impostos sobre esses produtos.

IHU On-Line - *Pensando nesse sentido, um caminho para reduzir o consumo de agrotóxicos não seria o governo investir em outros modelos de cultura? A produção de orgânicos é uma saída?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Com certeza. E isso tudo é investimento de longo prazo. A própria Revolução Verde foi um investimento de longo prazo. Você não consegue introduzir novos modelos agrícolas, novas tecnologias no curto prazo. É um processo lento. Levou décadas até a revolução agrícola de fato se difundir em grande escala, o que envolveu uma grande rede de financiamento público, de pesquisa pública, de extensão rural. Ou seja, da mesma forma, se isso fosse feito com tecnologias agroecológicas ou orgânicas também seria viável. É lógico que se diz que agricultura orgânica não é viável. Não é viável no curto prazo, como não era viável o modelo atual no curto prazo. São escolhas, trajetórias tecnológicas cujo resultado vai se dar no medio e longo prazo.

Isso é política publica que passa, por exemplo, por selecionar técnicos para as secretarias de agricultura. Se você seleciona um técnico cujo sistema que conhece está alinhado com o uso de agrotóxicos, não é essa pessoa que vai ter o incentivo de tentar mudar para uma tecnologia menos poluente. Veja que é um grande processo de transformação.

IHU On-Line - *E em termos de Brasil, como estamos nesse processo?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez - Diria que estamos andando para trás em alguns casos. Houve um processo de desmanche do marco regulatório, que foi um avanço com relação aos anos 30. No

entanto, esse marco não foi concluído porque não foi implementado de fato. E as agências têm cada vez mais restrições de ações, de incentivo. Para se ter ideia: uma agência reguladora tem o grande desafio que é lidar com a assimetria de informação. Ela regula um setor que é o que desenvolve a tecnologia, é o que tem conhecimento e que investe muito. Para ela conseguir regular, tem que investir muito em capacitação de pessoal para conhecer a fundo aquele setor que está sendo regulado.

A Agência de Proteção Ambiental nos Estados Unidos é a maior agência reguladora de lá. São cerca de 50 agências reguladoras no país, tanto é que chamado de quarto poder. Essa Agência que tem orçamento de cerca de dez bilhões de dólares, tem 17 mil funcionários, dos quais três mil são pesquisadores de tempo integral com formação de doutorado. Isso é muito importante para reduzir essa assimetria de informação, pois tem que lidar com profissionais das empresas multinacionais que são altamente gabaritados. Esses funcionários vão gerar um conhecimento que interessa as empresas e que, por sua vez, vão ter muito mais argumentos num processo de litígio ambiental.

No Brasil, não existe esse processo de qualificação das agências reguladoras. Pelo contrário, elas estão em fase de desmanche. Isso faz com que esse modelo de regulação e controle seja inviabilizado no Brasil.

IHU On-line - *Então, sem investir pesado nas agências, tanto tecnicamente como materialmente, não tem como evoluir nesse modelo de regulação?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez – Não, não tem. Pelo contrário, está em franco retrocesso. Até porque o atual governo passou a capturar as próprias agências reguladoras. Existe a captura pelo setor privado, mas, no caso que a gente está vendo aqui no Brasil é a captura pelo próprio governo. Isso na medida em que são cargos colocados à disposição de partidos políticos para a barganha política que a gente conhece. Infelizmente estão num processo de retrocesso, numa involução no que seria o marco regulatório, ou a chamada regulação social.



Foto: Anvisa

IHU On-Line - *Porque ainda se consome tanto agrotóxico no Brasil? Porque ainda se insiste em substâncias que já foram banidas de outros países?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez – São várias causas. O Brasil tem dimensões continentais, é o segundo maior produtor de alimentos no mundo. E não é por acaso. Os Estados Unidos são o primeiro e é o maior consumidor de agrotóxicos. O Brasil é o segundo maior consumidor. E aonde que se consome? 90% dos agrotóxicos são consumidos nas grandes commodities agrícolas para exportação, algodão, milho, café, cana-de-açúcar. O consumo é muito mais pela extensão, não pela intensidade. Ou seja, em quilos por hectare, o consumo de hortaliças e frutas é muito maior do que o da soja. Enquanto que a soja, por exemplo, vai consumir 18 quilos de agrotóxicos por hectare, a maçã pode consumir 60.

O grande consumo se dá pelas grandes extensões de plantio. E não por acaso que, justamente nos anos 2000, principalmente pela forte demanda de milho e soja pela China, o Brasil aumenta muito sua produção. E, obviamente, com isso vai aumentar também o consumo de agrotóxicos. O Brasil também tem vários estados em que se utiliza de duas safras por ano, o que também contribui para aumento do consumo.

E há justamente falta de controle. A fiscalização é extremamente frágil e precária e os impostos que não incidem acabam reduzindo os custos dos insumos. E aí não há um cuidado, por exemplo, em calibrar os bicos injetores, de racionalizar o uso desses produtos e ainda não se faz o manejo adequado de pragas. Ou seja, só se deve usar o agrotóxico de forma corretiva e não preventiva. Mas os agricultores acabam trabalhando numa estratégia de prevenção. E, usando as palavras de um agrônomo da Embrapa Soja: “é como você fazer um tratamento preventivo de um câncer que ainda não teve”. É uma coisa que não faz sentido.

O próprio manejo adequado de pragas, que é essa racionalização, pode levar a redução do consumo em mais de 50%. Então, tudo isso falta ao Brasil. Estamos num processo extremamente

precário, com raras exceções. O grande crescimento acelerado de commodities e o custo relativamente barato desses produtos faz com que haja um incentivo a sua utilização e não a sua racionalização. É uma tecnologia de saturação e não de precisão. É o caso da pulverização, que acaba contaminando áreas ao redor. Assim, vemos principalmente casos de contaminação em escolas vizinhas às plantações.

IHU On-Line - *Acreditava-se que o uso de sementes geneticamente modificadas poderia reduzir a necessidade de altas cargas de agrotóxicos. Mas, hoje, sabe-se que o cenário não é esse. Correto?*

Victor Manoel Pelaez Alvarez – Recentemente avaliamos o custo de produção das grandes commodities, algodão, milho, em comparação com o trigo, que não tem ainda semente geneticamente modificada. O objetivo é ver como evoluíram os custos. Uma coisa interessante é justamente isso: os custos com agrotóxicos permanecem basicamente os mesmos, tanto em culturas transgênicas como não-transgênico, e o que mais aumenta são os custos das sementes. Chega a mais de 200% num período. E são as mesmas empresas, que fornecem sementes e agrotóxicos. Qual é a estratégia? Criaram a primeira geração de transgênico, geração de uma semente resistente ao herbicida glifosato. Ou seja, passou-se a poder usar o que antes não era usado (já que as sementes não resistiam a essa substância).

Então não houve uma redução e sim um aumento. E ainda mais: com o único uso de uma substância, um único princípio ativo, gera resistência de ervas daninhas, assim como inseticidas geram resistências a insetos e assim por diante. E na sequência tem que usar em mais quantidade ou tem que usar produtos que já estavam no fim de linha, no final do seu ciclo de vida. E ainda desenvolvem sementes geneticamente modificadas para resistirem a esses produtos que são extremamente tóxicos. Um exemplo é o paraquat, já proibido inclusive na China. E aqui no Brasil a estratégia de fazer uma mistura de glifosato com paraquat justamente para combater o efeito da resistência das erva daninhas.

Tudo aquilo que se dizia que era tecnologia de vanguarda porque iria utilizar só um ingrediente ativo com menos toxicidade, de repente, com resistência e uso continuado, tem que voltar atrás no tempo. Há retrocesso tecnológico de usar produtos que, inclusive, já deveriam estar fora do mercado. Na realidade, tudo é uma estratégia de venda e convencimento que vai dar resultado.

Mas dá resultado no curto prazo, na fase seguinte já leva a ter que usar mais agrotóxico, mais agrotóxicos e mais tóxicos. Há algumas exceções como é o caso das variedades resistentes a insetos. Porém, hoje, se não houver uso continuado ou estrutura muito sofisticada de refúgios para evitar que haja uma geração de insetos resistentes em grande escala isso também vai acontecer. E pensar nessas estruturas com a fiscalização e controle que temos hoje Brasil é irreal. As nossas estruturas não tornam viáveis esse tipo de gestão tecnológica. Há outros recursos que poderiam ser utilizados, mas tudo depende de pesquisa e investimento.

Por: **João Vitor Santos**

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 6

1. Introdução: esta aula teve a proposta de abrir espaço à discussão da qualidade da água consumida pelas populações urbanas e a possibilidade de existência de compostos contaminantes para os quais o saneamento não é previsto nas legislações vigentes (poluentes emergentes) não sendo eliminados nos processos de tratamento atualmente empregados pelas empresas de saneamento de água, além da segurança e qualidade de águas comerciais engarrafadas.

2. Conteúdo Específico: água; parâmetros de qualidade; eficiência de tratamento.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: tratar da questão da presença de contaminantes emergentes na água tratada para o consumo humano e as possibilidades de alternativas tecnológicas de tratamento de água possíveis de serem empregadas, além da importância do gerenciamento da qualidade das águas.

5. Conteúdos privilegiados: potabilidade da água; poluentes emergentes; alternativas tecnológicas de tratamento de água.

6. Orientação didática: os conteúdos potabilidade da água; poluentes emergentes; alternativas tecnológicas de tratamento de água; segurança e qualidade de águas engarrafadas, foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos específicos trabalhados

com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questões acerca do tema central, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b**. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: Algumas questões apresentadas aos estudantes deram início às discussões desenvolvidas na aula, foram elas: **I** – Vocês conhecem as características do processo de tratamento pelo qual a água passa até chegar à sua residência? **II** – Vocês já pensaram que é possível que mesmo a água tratada consumida pela população pode não estar totalmente livre de contaminantes? **III** - Você conhece alternativas tecnológicas possíveis de serem empregadas para o tratamento de água para o consumo humano? Discutidos estes questionamentos iniciais a turma procedeu à leitura do texto sugerido no roteiro de aula.

b) Discussão dialogada: o roteiro '*Aula 6 – contaminantes em águas consumidas pela população*' foi composto por texto extraído de reportagem publicada pela *Pública: agência de reportagem e jornalismo investigativo*, em 18 de março de 2014 (p.186-195), apresentando estudos e investigações de uma equipe de pesquisadores em capitais brasileiras acerca da qualidade da água, e uma discussão acerca da forma de armazenamento, transporte e comercialização de águas engarrafadas e minerais. O texto foi lido pelos estudantes, que concomitantemente responderam a questões presentes no roteiro. Após o estudo do roteiro de aula e da organização das respostas às questões, a turma foi organizada com a orientação de apresentar uma solução para a situação inserida pela *atividade proposta*, referente aos problemas e exigências colocados pela instalação de uma indústria química.

ATIVIDADE PROPOSTA: os estudantes foram orientados ao desenvolvimento da seguinte situação hipotética: '*uma determinada empresa de distribuição e*

comercialização de água mineral engarrafada foi eleita, de forma aleatória, para passar por um processo de auditoria com o objetivo de ter avaliado o seu nível de segurança e qualidade nos produtos que coloca no mercado. As atividades da empresa consistem em comprar a água mineral de uma outra empresa responsável pela fonte, envazá-la em diferentes configurações de embalagens com volumes diversos, distribuí-la ao comércio em geral.

Considerando todo o ciclo pelo qual a água transita até que alcance o consumidor final, procure identificar quais são todos os aspectos relevantes a serem investigados em todo este ciclo para que seja possível certificar que o produto comercializado atende aos padrões de segurança e qualidade e não implicará em riscos ao consumidor, seja no curto ou no longo prazo.

Importante que sejam justificados todos os motivos que levaram a definição dos itens a serem investigados'.

7. Recursos didáticos: tabelas da aula 5 (aula anterior); roteiro do estudante; fichas de desenvolvimento da atividade proposta; fichas de diário de bordo.

8. Avaliação: a avaliação esteve pautada na observação da participação de cada um dos estudantes durante a aula, em suas respectivas elaborações das respostas aos questionamentos e nas contribuições prestadas ao desenvolvimento da atividade proposta.

REFERÊNCIAS

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.lettras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

VIGNA, A. Dá para beber essa água? **PÚBLICA**: agência de reportagem e jornalismo investigativo. 18 mar. 2014. Disponível em: <<http://apublica.org/2014/03/da-para-beber-essa-agua/>> acesso em: 06 nov. 2014

AULA 6 – Contaminantes em águas consumidas pela população.

Você está recebendo o texto de uma reportagem veiculada pela *Pública: agência de reportagem e jornalismo investigativo*, produzida em 18 de março de 2014.

Juntamente com um colega de classe desenvolva a leitura deste material procurando responder às seguintes perguntas:

- a). que restrições podem haver ao uso do sulfato de alumínio – $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$, no processo de tratamento de águas para o consumo humano? Explique sua resposta.
- b). qual é o conceito que permite a classificação de compostos químicos como poluentes emergentes da água tratada? Cite exemplos de compostos.
- c). de que forma o princípio da precaução pode contribuir com a segurança da população na questão do tratamento de água para o consumo humano?
- d). de que maneira é possível que o contato da água com os recipientes fabricados com polímeros provoque a contaminação desta?
- e). você considera que o fato de águas minerais serem provenientes de fontes subterrâneas seja uma garantia à segurança do seu consumidor?
- f). quais seriam as alternativas tecnológicas possíveis para a eliminação dos poluentes emergentes no tratamento da água em estações de tratamento?

Dá para beber essa água?

Categoria : [Reportagens](#)

Data : 18 março, 2014



Pesquisar sobre a água não é fácil. Não existem leis ou regras que definam um critério uniforme para a divulgação de dados. Esperei mais de 15 dias, por exemplo, para receber as análises de qualidade para o município de São Paulo, segundo as normas da [Portaria 2.914/2011](#), do Ministério da Saúde. Os mesmos [resultados para o Rio de Janeiro](#) estão disponíveis para consulta de qualquer pessoa no site da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (Cedae), responsável pelo tratamento de água na cidade. Não se sabe por que uma das concessionárias fornece a informação publicamente, enquanto a outra não diz nada sobre o assunto.

Depois de muita espera e de uma dezena de e-mails trocados, recebi quase todas as análises da capital paulista feitas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), encarregada da água e do saneamento na metrópole. No primeiro envio, porém, faltavam vários dos parâmetros considerados pela portaria do Ministério da Saúde. Por quê? Não há como saber. Depois de insistir mais, recebi todos os dados ([aqui](#), [aqui](#), [aqui](#) e [aqui](#)).

Como primeiro resultado dessa investigação sobre a qualidade da água, posso dizer que, em São Paulo e no Rio de Janeiro, dá para beber a água da torneira sem correr o risco de ser vítima de uma contaminação

microbiológica. Ninguém vai passar mal, nem ter diarreia. É preciso, no entanto, verificar se a caixa d'água do imóvel está limpa. Tanto em um prédio como em uma casa, ela precisa ser lavada a cada seis meses. Nos condomínios, o síndico é o responsável por cuidar da execução do serviço. Nas residências, o proprietário tem que fazer o trabalho ou contratar uma empresa para isso. Se a limpeza estiver em dia, tudo bem.

[relacionados]

A água usada para abastecimento público passa por um processo de tratamento e desinfecção mecânico e químico, que elimina toda a poluição microbiológica (coliformes totais – grupos de bactérias associadas à decomposição da matéria orgânica – e *Escherichia coli*). “A água da torneira é controlada várias vezes por dia, para se ter certeza de que está sempre dentro dos padrões de qualidade”, afirma Jorge Briard, diretor de produção de água da Cedae, no Rio. Mas o fato de se poder beber a água da torneira não quer dizer que o líquido não esteja poluído – e que não possa causar problemas de saúde no longo prazo.

Regras “adaptadas à realidade brasileira”

Na água do abastecimento público existem vários tipos de poluentes tóxicos. Estudos científicos associam o consumo de muitos deles ao aumento da incidência de câncer na população, enquanto outros têm efeitos ainda pouco conhecidos na saúde. Estão presentes na água que bebemos substâncias químicas como antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto, mercúrio, nitratos, triclorobenzeno, diclorometano; agrotóxicos como atrazina, DDT, trifluralina, endrin e simazina; e desinfetantes como cloro, alumínio ou amônia.

A portaria do Ministério da Saúde controla os níveis de 15 produtos químicos inorgânicos (metais pesados), de 15 produtos químicos orgânicos (solventes), de sete produtos químicos que provêm da desinfecção domiciliar e de 27 tipos de agrotóxicos presentes na água. Na primeira norma de potabilidade da água do Brasil, a Portaria 56/1977, havia apenas 12 tipos de agrotóxicos, 10 produtos químicos inorgânicos (metais pesados) e nenhum produto químico orgânico (solventes), nem produtos químicos secundários da desinfecção domiciliar.

A mudança reflete a crescente poluição da indústria, que utiliza metais pesados e solventes; do setor agrícola, que usa agrotóxicos e fertilizantes; e de todos nós, que limpamos a casa com cada vez mais produtos químicos. A assessoria de comunicação do Ministério da Saúde afirma que as substâncias que hoje estão na Portaria 2.914/2011 foram escolhidas a partir “dos avanços do conhecimento técnico-científico, das experiências internacionais e das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2004), adaptadas à realidade brasileira”.

O último trecho da resposta do ministério, “adaptadas à realidade brasileira”, permite entender a diferença entre os agrotóxicos e contaminantes inorgânicos escolhidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e os listados na portaria brasileira. [A OMS inclui um número muito maior de produtos químicos](#). Em um dossiê especial sobre agrotóxicos publicado em 2012, a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco) questiona essa discrepância: “Por que monitorar menos de 10% dos ingredientes ativos oficialmente registrados no país?” O ingrediente ativo, ou princípio ativo, é uma substância que tem algum tipo de efeito em organismos vivos.

Um exemplo é a bentazona. Considerada pela OMS como um poluente da água, a substância não aparece na portaria do Ministério da Saúde. Na bula de agrotóxicos que a contém, como o Basagran, a bentazona é descrita como “um agroquímico da classe toxicológica I – extremamente tóxico e nocivo por ingestão”. Como herbicida, é muito usada nas culturas de soja, arroz, feijão, milho e trigo. E o que isso tem a ver com a água? Os próprios fabricantes dão a entender que, se for mal utilizada, a bentazona pode causar efeitos danosos sobre o ambiente aquático. “[O produto] é perigoso para o meio ambiente por ser altamente móvel, apresentando alto potencial de deslocamento no solo e podendo atingir principalmente as águas subterrâneas. Possui ainda a característica de ser altamente persistente no meio ambiente, ou seja, de difícil degradação”, diz o texto.

Outro exemplo: um estudo de 2009 sobre a contaminação de mananciais hídricos, liderado pelo pesquisador Diekson Ruy Orsolin da Silva, da Universidade Federal de Pelotas, monitorou a ocorrência de agrotóxicos em águas superficiais de sete regiões do sul do Brasil, associadas ao cultivo de arroz na safra 2007/2008. De todos os produtos detectados – clomazona, quincloraque, penoxsulam, imazetapir, imazapique, carbofurano, 3-hidróxido-carbofurano, fipronil e tebuconazol – somente o carbofurano é controlado pela portaria. Isso mostra que muitos dos agrotóxicos utilizados, e que estão presentes nos meios aquáticos no país, não são fiscalizados pelas empresas de tratamento de água. Elas não são obrigadas pelo Ministério da Saúde a fazer o controle.

Em São Paulo e no Rio, os níveis dos produtos químicos listados na portaria estão dentro dos limites permitidos. Na verdade, os valores de São Paulo são muitos melhores do que os do Rio. Isso é uma boa notícia? Sim e não. “Os processos de transformação química quebram as moléculas tóxicas, fazendo com que desapareçam. Essa manipulação da água cria outros compostos ou resíduos desconhecidos. Ninguém procura por eles e evidentemente não estão na portaria. Hoje ninguém sabe quais são os efeitos dessas moléculas”, diz Fabrice Nicolino, jornalista francês especializado em meio ambiente. Mesmo concentrações muito baixas de algumas substâncias podem ser perigosas.

Leia também:

[No Brasil, contaminação de mananciais é pior](#)
[Água de graça existe – em Paris e, talvez, no Rio](#)

A polêmica do alumínio

Como se tiram os poluentes da água? Tudo começa com um processo chamado coagulação. Nessa fase, são adicionados sulfato de alumínio e cloreto férrico, para agregar as partículas de sujeira presentes. O uso do sulfato de alumínio é muito polêmico no mundo todo. Ainda que não tenha sido provada uma relação direta entre esse produto químico e a doença de Alzheimer, vários cientistas europeus defendem que ele é responsável pelo aumento da incidência do problema nas últimas duas décadas.

Um estudo feito durante oito anos pelo Instituto Nacional Francês de Saúde e Pesquisa Médica (Inserm), em Bordeaux, no sul da França, concluiu que uma forte concentração de alumínio na água, bebida a vida toda, pode ser um fator de risco para o desenvolvimento de Alzheimer. Realizada por um dos centros de maior prestígio da França, a pesquisa causou – e continua a causar – muito barulho, tanto na imprensa quanto no mundo científico.

Também teve forte impacto um artigo científico dos pesquisadores Chris Exley, da Universidade Keele, e

Margaret Esiri, da Universidade de Oxford – ambas no Reino Unido – publicado no *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* em 2006. Quando foi realizada a autópsia de Carole Cross, que morreu, aos 59 anos, de Alzheimer, observaram-se altas concentrações de alumínio no seu cérebro. Os autores relacionaram o achado a um acidente que atingiu a cidade de Camelford, na Inglaterra, onde Carole vivia em 1988. Na época, 20 toneladas de sulfato de alumínio foram depositadas por engano nas tubulações de água potável. Os pesquisadores não relacionam diretamente a presença do metal com a doença. Sabe-se, contudo, que o alumínio está ligado a alguns tipos de demência, e que Carole não tinha antecedentes familiares com doenças semelhantes.

Princípio da precaução

Faz um bom tempo que as empresas responsáveis pelo tratamento da água conhecem os perigos do alumínio. Em Paris, a substância deixou de ser usada nesse processo há mais de 20 anos. Adota-se o cloreto férrico. A prefeitura da capital francesa resolveu fazer a mudança pelo que é conhecido como princípio da precaução: se existem antecedentes ou experiências que sugiram um risco, não se espera que a ciência comprove isso. É melhor prevenir do que lidar com o problema depois.

Quando perguntei à Sabesp e à Cedae se achavam possível parar de usar o alumínio, a resposta foi clara. “Mas por quê? O produto funciona muito bem”, disse André Luis Gois Rodrigues, responsável pela qualidade da água na Sabesp. As duas empresas admitiram conhecer a polêmica. “Nada foi comprovado. O uso do alumínio é permitido pelo Ministério da Saúde e também pela OMS. Se um dia for demonstrado que há risco, com certeza deixaremos de usar”, explicou Jorge Briard, da Cedae. Além de ser barato, o sulfato de alumínio permite obter uma cor transparente, um pouquinho azul, bem bonitinha, semelhante à de um rio limpo. Por isso, é bem prático. Ninguém vai se queixar da cor da água.

Vale lembrar que a água não é a única fonte de absorção do alumínio no corpo. Atualmente a substância encontra-se em altas concentrações na comida (nos legumes e especialmente nos aditivos alimentares, como conservantes, corantes e estabilizadores), nos cosméticos ou nos utensílios de cozinha. De acordo com a OMS, um adulto ingere cerca de 5 miligramas de alumínio por dia apenas da comida. Para a organização, os aditivos são a principal fonte de alumínio no corpo. Em comparação, a água traz um volume muito menor: em média 0,1 miligrama por litro, o que pode somar 0,3 miligrama se você bebe 3 litros por dia. Segundo a entidade, o alumínio na água representa só 4% do que um adulto absorve.

Essa relação também é válida para os agrotóxicos. É bem provável que, comendo legumes não-orgânicos, uma pessoa absorva uma quantidade muito maior desses produtos do que ao beber água. Fazer essa comparação é muito complicado, porque o jeito de contabilizar os agrotóxicos é diferente na comida e na água. Sabemos, porém, que os agrotóxicos são diretamente aplicados nas plantações, e as medições mostram que estão em proporção maior nos alimentos do que na água.

Por conta da grande utilização de medicamentos na criação de animais hoje, os cientistas reconhecem que a dose diária de absorção de antibióticos e hormônios de crescimento é mais importante pela comida do que pela água. [O professor Wilson Jardim, da Unicamp, explica](#), no entanto, que isso não muda o fato de que, mesmo em doses pequenas, os contaminantes presentes na água possam ter um efeito negativo na saúde.

A saída é a garrafinha?

Seria então melhor para a saúde beber água engarrafada, que chega a custar 800 vezes mais do que a água da torneira? A resposta, de novo, não é simples. Em tese, a água envasada tem melhor qualidade por ser subterrânea, o que oferece uma proteção natural contra contaminação. Mas encontrar informações sobre a qualidade da água mineral também é muito complicado no Brasil. A Associação Brasileira de Indústria de Água Mineral (Abinam), que representa as envasadoras da água, negou os pedidos de entrevista para esta reportagem. A comunicação também não é muito aberta do lado das autoridades.

Na verdade, não há como ter acesso à documentação sobre a qualidade da água engarrafada. Para obter a lavraria e a renovação da concessão, uma empresa de água mineral recebe, a cada três anos, a visita dos funcionários do Laboratório de Análises Minerais (Lamin) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), um órgão federal. Os resultados das análises são comunicados à empresa e ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), responsável pela água mineral no país, mas não ficam disponíveis para o público. Por quê? Não recebi resposta do DNPM.

Essas análises teriam que ser feitas seguindo a [resolução RDC 274/2005](#), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). A norma inclui agrotóxicos e é bem parecida com a portaria que regula a água da torneira. Além de os dados não estarem disponíveis publicamente, outro problema é a forma de fiscalização das fontes. O Lamin do Rio faz análises no país todo, enquanto o de São Paulo concentra-se no estado de São Paulo, onde fica a maior concentração de concessões de água mineral do país. Até o início de 2013, o Lamin do Rio não tinha os equipamentos necessários para fazer as análises dos agrotóxicos, e só no fim de 2014 o Lamin de São Paulo deverá fazer esse trabalho. Ou seja, a resolução levou oito anos para começar a ter todos os seus itens verificados.

Isso não acontece com a água da torneira, que é muito mais controlada. Primeiro, porque ela precisa chegar a toda a população. Segundo, porque a água bruta, a partir da qual se produz a água potável, vem em geral da superfície e está mais sujeita a todo tipo de contaminação. Isso requer atenção constante e análises mais frequentes. A água mineral vem de lençóis subterrâneos, onde fica confinada. É menos poluída do que a que vem dos rios e não recebe nenhum tratamento químico. Depois de um ano fazendo as análises de agrotóxicos, o Lamin do Rio disse que não encontrou esses produtos nas águas minerais de todo o país, com exceção de São Paulo (onde ainda não fazem essa análise e onde está a maior parte das fontes). Mas não tive acesso aos documentos que comprovariam isso.

Ao procurar informações adicionais, descobri que, em São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) iniciou, em 2011, o monitoramento de lençóis subterrâneos do estado em relação à presença de contaminantes e à atividade estrogênica – ou seja, à capacidade de algumas substâncias agirem no sistema reprodutivo humano, antecipando, por exemplo, a puberdade nas meninas ou produzindo esterilidade nos homens. “Não foi detectada atividade estrogênica na maioria dos 33 pontos de amostragem, selecionados em função de sua maior vulnerabilidade. Apenas três locais apresentaram atividade estrogênica baixa. Isso significa que não há potencial de preocupação para a saúde humana se a água for consumida”, explica Gilson Alves Quinaglia, gerente do setor de análises toxicológicas da Cetesb.

Agrotóxicos e medicamentos

As empresas de água mineral usam na publicidade o argumento de que a água subterrânea está confinada e, conseqüentemente, fica protegida da poluição moderna. Seria bom se fosse assim, mas existem estudos que comprovam que a poluição pode chegar a todos os lugares – até mesmo ao subsolo.

No ano passado, uma pesquisa encomendada a laboratórios independentes pelas ONGs 60 Milhões de Consumidores e Fundação Danielle Mitterrand-France Libertés, na França, encontrou tanto agrotóxicos como medicamentos na água engarrafada. “Foi uma surpresa, porque mostra que até a água mineral está poluída. Achamos um agrotóxico, a atrazina, usado no cultivo do milho, que está proibido no país há mais de dez anos. Essa substância tem a propriedade de ser muito persistente no meio ambiente. O que significa que, em dez anos, chega ao subsolo”, explica Thomas Laurenceau, da 60 Milhões de Consumidores.

Outra grande surpresa foi detectar o tamoxifeno, um hormônio usado no tratamento de câncer de mama, nas amostras analisadas. “Os níveis encontrados são muito baixos, mas a presença mostra até que ponto nosso meio ambiente está poluído”, acrescenta Emmanuel Poilane, presidente da France Libertés.

A contaminação não é causada pelas envasadoras de água, e sim pela deterioração geral do meio ambiente. “As empresas de água mineral sempre estão tentando proteger as fontes. Não depredam o meio ambiente. Não é conveniente para elas”, afirma Doralice Assirati, do DNPM. Na Europa e nos Estados Unidos, algumas delas foram obrigadas a fechar explorações, por conta da poluição detectada.

Uma das contaminações possíveis no Brasil seria pelas fossas sépticas, que, às vezes, são malfeitas. No estado de São Paulo, muitas envasadoras de água ficam em áreas urbanas, porque a proximidade do consumidor ajuda o negócio a ser mais lucrativo. Mas, na verdade, o maior problema das águas envasadas não vem do líquido, mas do contêiner de plástico. Se as garrafas e os garrafões fossem de vidro, poderíamos confiar mais na qualidade. Só que os problemas causados pelo uso do plástico já são bastante conhecidos e estudados.

Leia também:

[No Brasil, contaminação de mananciais é pior](#)
[Água de graça existe – em Paris e, talvez, no Rio](#)

PET, PP, PE, PVC, PC

O mundo dos plásticos é complicado. Aproximadamente 75% da água envasada no Brasil está em garrafões. “Eles podem ser confeccionados em todo e qualquer plástico – PVC, policarbonato (PC), polipropileno (PP) e polietileno (PE) –, desde que obedeçam aos regulamentos da Anvisa para embalagens em contato com alimentos”, afirma Carla Castilho, assessora técnica do Instituto Nacional do Plástico. Isso na teoria. Na prática, a indústria fabrica 90% dos garrafões em polipropileno e o restante, em politereftalato de etileno (PET) e policarbonato, segundo o Instituto Nacional do Plástico. O polipropileno tem custo baixo para o produtor. Isso é uma boa notícia, porque é o plástico menos propenso a ter Bisfenol A (BPA), uma substância química perigosa usada na produção.

A Anvisa autoriza o uso de BPA em materiais plásticos destinados ao contato com alimentos e estabelece, como limite seguro de migração, 0,6 miligrama por quilo de alimento e 0,6 miligrama por litro de bebida. A agência limita-se a estabelecer a quantidade de BPA que pode migrar de um produto para o alimento, não a quantidade máxima presente no produto.

Vários países europeus, como França e Dinamarca, estão proibindo o BPA nas embalagens de alimentos. Isso não tem relação com o nível de migração, e sim com os materiais onde está presente o BPA, como o policarbonato e as resinas epóxi em todas as latas de alumínio. É alta a probabilidade de que a Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) reduza o nível de migração de 0,5 miligrama por quilo por dia para até 0,005 miligrama por quilo por dia.

No Brasil, somente as embalagens da água mineral Indaiá, do Grupo Edson Queiroz, um dos maiores do país, são feitas de policarbonato. Técnicos da empresa enviaram análises para nos convencer de que não há nenhum problema com os recipientes em policarbonato. Os resultados do laboratório, de fato, são ótimos. Só que os problemas causados pelos plásticos não acontecem quando as embalagens são novas, mas com a manutenção, a exposição ao calor e as múltiplas lavagens dos garraões, que podem ser usados durante três anos. “Não podemos nos responsabilizar pela manutenção. Não depende da gente”, disse Francisco Sales, gerente industrial do grupo Edson Queiroz. Não, mas também ninguém pode dizer que a degradação dos plásticos não traz problemas para o consumidor. A degradação do PET, material das garrafas descartáveis, não é algo com que se preocupar se o recipiente for usado uma vez só.

Estudos científicos mostram ainda que, com o tempo, mesmo a qualidade da água mineral se degrada. Em 2009, uma pesquisa realizada por Martin Wagner e Jörg Oehlman, da Universidade de Frankfurt, na Alemanha, detectou interferentes endócrinos – isto é, substâncias artificiais que agem no nosso corpo por serem parecidas com hormônios – em 12 das 20 amostras de água mineral analisadas. Os dois cientistas também inseriram moluscos em garrafas PET e de vidro e notaram que, nos recipientes plásticos, houve reprodução em uma velocidade maior. Isso também indica a presença desses contaminantes, que podem ter se despreendido do plástico das garrafas. As indústrias do plástico e da água contestaram os resultados.

Praticamente na mesma época, as pesquisadoras Barbara Pinto e Daniela Reali, da Universidade de Pisa, na Itália, detectaram uma contaminação semelhante, mas em menor nível, em amostras de água mineral italiana. Elas não souberam explicar a origem dos interferentes que apareceram em 10% das garrafas. Isso levou vários cientistas a pedir para a indústria do plástico que revelasse os segredos de fabricação, para entender o que acontece em uma água que fica um certo tempo nesses recipientes. A resposta foi o silêncio.

Devido à pouca colaboração da indústria, os problemas causados pelos ftalatos, outros produtos químicos usados no plástico, ainda são pouco conhecidos e estudados. Tanto os ftalatos quanto o BPA estão presentes em praticamente todo o plástico que há nas nossas casas. Os ftalatos são usados na fabricação de acessórios domésticos (piso, papel de parede), produtos infantis (mamadeiras, brinquedos, colchonetes para troca de fraldas, mordedores), embalagens (filme transparente, garrafas descartáveis) e até em utensílios médicos (cateteres, bolsas de sangue e soro). O BPA está nos equipamentos esportivos, em dispositivos médicos e odontológicos, produtos para obturação dentária e selantes, lentes para os olhos, todos os produtos com PVC, e policarbonatos, CDs e DVDs, eletrodomésticos, embalagens de plástico duras, jarras de água em plástico duro e latas de alumínio.

“Existem na vida janelas de exposição do BPA mais problemáticas do que outras. As crianças são mais expostas do que um adulto. Também ocorre maior migração de produtos químicos para a comida ou a água com o calor”, diz o pesquisador Wilson Jardim, da Unicamp. Ou seja, ainda falta muita informação sobre o perigo dos produtos e a toxicidade dos que já estão no meio ambiente. Hoje, temos consciência do perigo de substâncias que a geração anterior à nossa usava de maneira regular, como o DDT. Mas, como acontece agora, a indústria ou não informava ou negava o problema da contaminação.

Qual água é melhor?

É impossível saber se a água envasada é de melhor qualidade do que a água da torneira, pois há muito pouca informação sobre o uso de recipientes plásticos. A água tratada também tem poluentes em um nível pouco conhecido, mas com certeza menor do que o da comida não orgânica. A grande diferença entre as duas é que a água envasada traz ainda mais problemas para o meio ambiente, pelo fato de gerar lixo, aumentar as emissões de carbono e envolver consumo de energia na sua produção.

Qual é a água que devemos beber? Responder a essa pergunta, que já é complicado atualmente, será ainda mais difícil para a próxima geração, por causa do aumento nos níveis de poluição no meio ambiente. Será que morar no campo é garantia de encontrar água pura? Hoje isso já não acontece. No Brasil e em outros países, a qualidade da água em zonas de produção agrícola como as do Mato Grosso é bem ruim, devido ao uso intensivo dos agrotóxicos.

Parece que o único caminho para salvar a água potável é o da cidadania. As melhores experiências para se obter uma qualidade de água razoável ocorrem quando os cidadãos participam da gestão da água, fiscalizando as empresas de tratamento e exigindo que as autoridades aumentem o orçamento para o recurso “água”.

Hoje, o monitoramento das concessionárias no Brasil é feito pelas agências de vigilância sanitária de cada estado. Mas até as empresas reconhecem que não há fiscalização. As autoridades não parecem ter vontade de aumentar o orçamento para saneamento, mesmo sabendo, há muitos anos, que isso é mais do que necessário para melhorar tanto a água e o meio ambiente quanto a saúde das pessoas.

Ainda é possível mudar as coisas. As soluções existem, só que custam caro. No mesmo estudo sobre a contaminação das garrafas de água com agrotóxicos e medicamentos, as ONGs foram para regiões mais poluídas da França (nem toda a França é como Paris), onde os agrotóxicos chegam a níveis bem acima do permitido pela legislação, há muitos anos. A poluição obrigou as autoridades a investir em tecnologia de ponta para melhorar a qualidade da água. Conseguiram. Entre essas novas tecnologias estão nanofiltração, ultrafiltração, osmose reversa e tratamento com raios ultravioleta solares. Mas, para que os impostos sirvam a essa causa, a mobilização das pessoas é obrigatória.

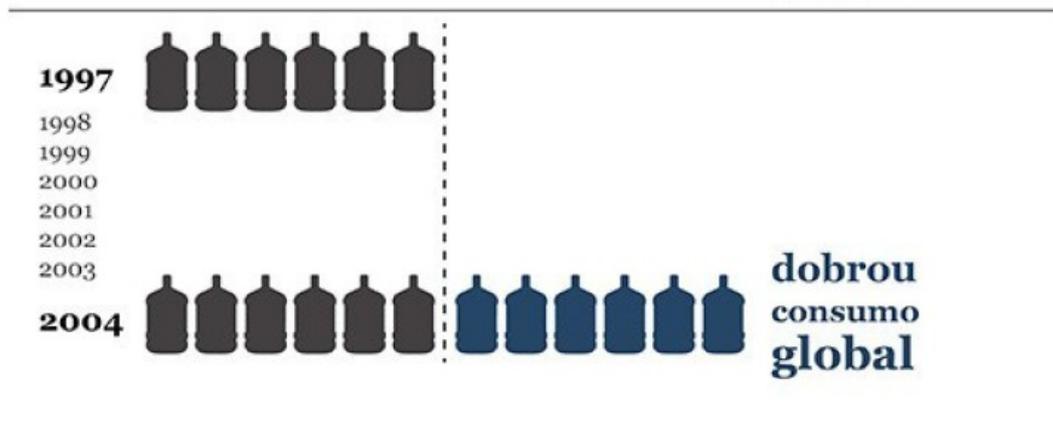
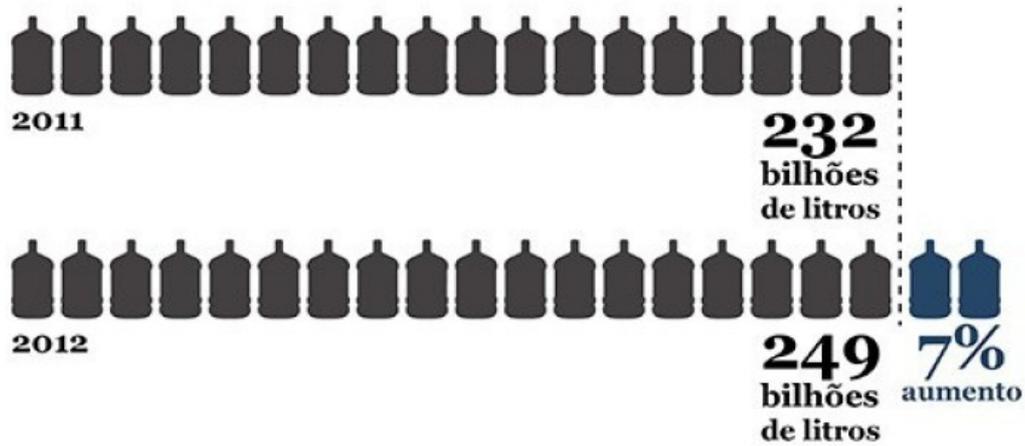
No Canadá, na Europa, no México ou na Bolívia, existem numerosos exemplos de como a população retomou o poder sobre a qualidade, o preço e, inclusive, a propriedade da água. Também é necessária a vontade política das autoridades para limitar o uso de produtos químicos no meio ambiente e aumentar o apoio à agricultura orgânica. E da ajuda de todos no momento das compras – um consumo consciente,

que prefira produtos menos danosos ao meio ambiente, tanto na fabricação quanto na vida útil. Isso significa não trocar de celular a cada novo modelo ou deixar de beber três pequenas garrafas plásticas de água por dia.

A água mineral no mundo

O mercado de água engarrafada cresce em todo o planeta, rende bilhões de dólares para a indústria e desperta o interesse de multinacionais.

Consumo no mundo



UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 7

1. Introdução: No espaço desta aula o intuito foi realizar um estudo detalhado das características de cada uma das etapas de tratamento de águas residuais, sejam domésticas ou industriais, tradicionalmente empregadas para a recuperação da qualidade anteriormente à devolução destas ao ambiente, além de discutir a questão da legislação que abrange a classificação dos corpos d'água.

2. Conteúdo Específico: tratamentos físicos, químicos e biológicos de águas; leis para a classificação de corpos d'água.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: a intencionalidade foi levar os estudantes a se apropriarem das características específicas das operações físicas, químicas ou biológicas e das reações químicas que ocorrem em cada uma das principais etapas de tratamento de águas residuárias tradicionalmente empregadas em Estações de Tratamento de Efluentes – ETE, anteriormente à devolução destas águas ao ambiente. Ao se apropriar de tal conhecimento é esperado que o estudante seja capaz de identificar quais as possibilidades ou limitações de cada um dos tipos de tratamento, além de compreender o conteúdo da legislação que classifica os cursos d'água.

5. Conteúdos privilegiados: especificidades dos tratamentos de águas residuais; legislação de classificação de corpos de águas.

6. Orientação didática: os conteúdos tratamentos físicos, químicos e biológicos de águas; leis para classificação de corpos d'água, foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b** abaixo. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto na **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: ao início desta aula os estudantes foram convidados ao diálogo para que expusessem seus conhecimentos acerca dos processos de tratamento de águas residuárias, domésticas ou industriais, assim, as seguintes questões foram apresentadas: **I** – vocês consideram que é importante que águas de esgotos domésticos ou industriais sejam tratadas? **II** – que tipos de testes utilizados para a determinação da qualidade da água vocês conhecem? **III** – vocês sabem quais são os tipos existentes de classificações de corpos de águas?

b) Discussão dialogada: tendo relatado seus conhecimentos prévios os estudantes receberam o roteiro '*aula 7 – tratando nossos esgotos*' (p.201-213), composto do texto de mesmo nome editado na *Revista Química Nova na Escola* (2001), que discute as características dos tratamentos tradicionalmente empregados para águas residuárias residenciais ou industriais. Os estudantes procederam à leitura do material e foram orientados a responderem questões presentes no respectivo roteiro, como forma de direcionar o estudo. Após realizarem a leitura do texto e responderem aos questionamentos, passaram ao estudo das análises de dois corpos d'água distintos, identificando detalhes conforme orientação presente na *atividade proposta*, a seguir:

ATIVIDADE PROPOSTA: a partir de dados extraídos de um trabalho de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Palmital (quadros

2 e 6), um dos recursos hídricos importantes para o abastecimento de água da população da cidade de Curitiba – PR, analise os mesmos e procure solucionar as questões colocadas.

Quadro 2 – Comparativo dos dados de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Palmital para o ano de 1994 – Estação A103 Vargem Grande			
Parâmetros	21/03/94	29/11/94	Limites CONAMA para a classe 2
OD (MG/l)	5,9	5,5	Não inferior a 5 mg/l O ₂
Coliforme fecal (NMP/100ml)	900.000*	80.000*	Para uso de recreação de contato primário máximo de 500 (NMP/100 ml). Demais usos não exceder 1000 (NMP/100 ml).
pH	7,3	7,1	6,0 a 9,0
DBO/5 20°C (MG/l)	7,0*	10,0*	Até 5 mg/l O ₂
NIT-TOT (mg/L)	3,56**	5,86**	Parâmetro não referenciado
FOSF-TOT (mg/L P)	0,334*	0,456*	Até 0,025 mg/IP
TURB (NTU)	13.0	27.0	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT)
SOL_TOT (mg/L)	22	21	Até 500 mg/l
TEMP (°C)	47	45	Parâmetro não referenciado
IQA	47	45	Limites para rios de classe 2

FONTE: Instituto das Águas do Paraná. - * Excede os limites da classe ** Valores estimados

(VOLOCHEN, 2011)

Quadro 6 – Comparativo dos dados de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Palmital para o ano de 2007 – Estação A103 Vargem Grande			
Parâmetros	08/03/07	04/07/07	Limites CONAMA para a classe 2
OD (MG/l)	2,80*	3,50*	Não inferior a 5 mg/l O ₂
Coliforme fecal (NMP/100ml)	500.000*	700.000*	Para uso de recreação de contato primário máximo de 500 coliformes fecais por 100 ml. Para demais usos não exceder o limite de 1000 coliformes fecais por 100 ml.
pH	7,3	7,5	6,0 a 9,0
DBO/5 20°C (MG/l)	15,00*	17,00*	Até 5 mg/l O ₂
NIT-TOT (mg/L)	9,34	19,7	Parâmetro não referenciado
FOSF-TOT (mg/L P)	0,650*	1,300*	Até 0,025 mg/IP
TURB (NTU)	11	16	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT)
SOL_TOT (mg/L)	162	179	Até 500 mg/l
TEMP (°C)	23	12	Parâmetro não referenciado
IQA	33	29	Limites para rios de classe 2

FONTE: Instituto das Águas do Paraná. - * Excede os limites da classe

(VOLOCHEN, 2011)

A partir da observação das características analisadas para a qualidade da água da bacia do Rio Palmital, conforme o exposto nos quadros acima, escreva CORRETO ou INCORRETO nas afirmações a seguir e apresente justificativas que expliquem todas as suas respostas:

1. os resultados das análises da qualidade das águas apresentados nos quadros 2 e 6 apresentam padrões que deveriam indicar o impedimento do seu uso para a criação natural e/ou intensiva de espécies de peixes (aquicultura) destinadas à alimentação humana.

2. o aumento da DBO entre os dois períodos analisados foi significativa, sendo que uma das causas principais deste aumento pode ser atribuída a ocupação humana desordenada com falta de infraestrutura.

3. o significativo aumento observado para a presença do fósforo total nas análises de água apresentadas, caso não seja proveniente de efluentes industriais, esgotos sanitários e fertilizantes, provavelmente será decorrente de intemperismo das rochas e decomposição da matéria orgânica.

4. o nível de oxigênio dissolvido na água é suficiente para avaliar se um curso d'água completou seu processo de autodepuração e quando se encontra em níveis aceitáveis identificará que a água do mesmo recuperou plenamente sua qualidade.

5. as análises para coliformes fecais necessariamente devem ser mais seletivas em relação àquelas que investigam coliformes totais e nos resultados obtidos na Estação A103 Vargem Grande para 2007 estavam entre 500 a 700 vezes acima do limite considerado adequado.

7. Recursos didáticos: roteiro do estudante '*aula 7 – tratando nossos esgotos*'; ficha do diário de bordo; material para a atividade proposta.

8. Avaliação: a avaliação dos estudantes foi realizada a partir da participação dos presentes no desenvolvimento da aula, na realização da resolução das questões orientadas pelo professor, e pela atividade proposta e os diários de bordo.

REFERÊNCIAS

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.lettras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E.A.A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Química Nova na Escola**. Edição Especial. Maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>> acesso em: 30 nov. 2014

VOLOCHEN, V. Análise comparativa entre uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio palmital – PR. **Anais – XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6976. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1184.pdf>> acesso em: 01 dez. 2014

AULA 7 – *Tratando nossos esgotos.*

Você irá receber o texto '*Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza*' produzido por José Guimarães e Edson Nour e publicado pela revista Química Nova na Escola. Durante a leitura deste material o professor irá proceder a uma orientação para que sejam solucionadas algumas questões baseadas no conteúdo apresentado.

Questões:

- a). apenas os níveis de oxigênio são suficientes para que se defina a qualidade de um determinado efluente?

- b). no que exatamente consistem os processos de floculação e flotação empregados nos tratamentos de efluentes?

- c). nos processos de tratamento de efluentes mais tradicionais qual é o tipo mais comum de adsorvente utilizado?

- d). a diluição de águas residuais com águas tratadas pode ser considerada como uma alternativa para permitir a devolução de efluentes aos cursos d'água?

- e). qual é a relevância do emprego dos testes de DBO e de DQO para a avaliação da qualidade da água?



Tratando Nossos Esgotos:

Processos que imitam a natureza

José Roberto Guimarães e Edson Aparecido Abdul Nour

Neste artigo é descrita a situação atual de tratamento de águas residuárias no Brasil, bem como os principais processos de tratamento. São discutidos os processos físico-químicos e biológicos, e apresentam-se as principais reações de transformação da matéria orgânica. Também são descritas as mais importantes variáveis de interesse sanitário e ambiental, bem como a legislação federal para classificação das águas.

► esgoto, água residuária, processos físico-químicos, processos biológicos, parâmetros ambientais ◀

Uma parcela significativa das águas, depois de utilizadas para o abastecimento público e nos processos produtivos, retorna suja os cursos d'água, em muitos casos levando ao comprometimento de sua qualidade para os diversos usos, inclusive para a agricultura. Dependendo do grau de poluição, essa água residual pode ser imprópria para a vida, causando, por exemplo, a mortandade de peixes. Também pode haver liberação de compostos voláteis, que provocam mau odor e sabor acentuado, e poderão trazer problemas em uma nova operação de purificação e tratamento dessa água. Segundo dados do BNDES (1998), 65% das internações hospitalares de crianças menores de 10 anos estão associadas à falta de saneamento básico. Nos países em desenvolvimento, onde se enquadra o Brasil, estima-se que 80% das doenças e mais de um terço das mortes estão associadas à utilização e consumo de águas contaminadas (Galal-Gorchev, 1996). A hepatite infecciosa, o cólera, a disenteria e a febre tifóide são exemplos de doenças de veiculação hídrica, ou seja, um problema de saúde pública.

Quando ocorre o lançamento de um determinado efluente em um corpo

d'água, seja ele pontual ou difuso, imediatamente as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a ser alteradas. Por exemplo, pode ocorrer um aumento muito grande da carga orgânica, refletindo-se no aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), da DQO (demanda química de oxigênio), do COT (carbono orgânico total) e, conseqüentemente, uma depleção da concentração de oxigênio dissolvido, fruto, principalmente, do metabolismo de microorganismos aeróbios. Parte da matéria orgânica presente no efluente se dilui, sedimenta, sofre estabilização química e bioquímica. Esse fenômeno é conhecido como autodepuração. Comumente, utiliza-se apenas o parâmetro oxigênio dissolvido para avaliar esse processo, ou seja, quando a concentração de oxigênio retorna ao valor original (antes do lançamento), assume-se que houve uma autodepu-

ração. No entanto essa definição é questionável, pois não leva em consideração outras variáveis ambientais, como por exemplo a presença de sais e de metais, alteração da diversidade e população biológica e do nível trófico etc.

Antes de atingirem os corpos aquáticos as águas residuais podem e devem sofrer algum tipo de purificação. Os processos de tratamento de águas residuais são divididos em dois grandes grupos, os biológicos e os físico-químicos. A utilização de um ou de outro, ou mesmo a combinação entre ambos, depende das características do efluente a ser tratado, da área disponível para montagem do sistema de tratamento e do nível de depuração que se deseja atingir.

A maioria dos processos de tratamento de efluentes aquosos, principalmente os biológicos, são baseados em processos de ocorrência natural. O objetivo principal de qualquer uma das muitas opções de sistemas de tratamento é o de simular os fenômenos naturais em condições controladas e otimizadas, de modo

Segundo dados do BNDES (1998), 65% das internações hospitalares de crianças menores de 10 anos estão associadas à falta de saneamento básico. Nos países em desenvolvimento, onde se enquadra o Brasil, estima-se que 80% das doenças e mais de um terço das mortes estão associadas à utilização e consumo de águas contaminadas

que resulte em um aumento da velocidade e da eficiência de estabilização da matéria orgânica, bem como de outras substâncias presentes no meio.

Processos biológicos

Os processos biológicos são subdivididos em dois grandes grupos, os aeróbios e os anaeróbios. Normalmente, os efluentes compostos de substâncias biodegradáveis (esgotos domésticos e de indústrias de alimentos) são preferidos nessas duas classes de processos.

Nos processos aeróbios de tratamento de efluentes são empregados microorganismos que para biooxidar¹ a matéria orgânica utilizam o oxigênio molecular, O_2 , como receptor de elétrons. Normalmente há um consórcio de microorganismos atuando conjuntamente nos processos de estabilização da matéria orgânica. A microfauna é composta por protozoários, fungos, leveduras, micrometazoários e sem dúvida a maioria é composta por bactérias. Há uma grande variedade de sistemas aeróbios de tratamento de águas residuais; as mais empregadas são lagoas facultativas, lagoas aeradas, filtros biológicos aeróbios, valos de oxidação, disposição controlada no solo e sem dúvida uma das opções mais utilizadas é o lodo ativado. Este sistema compõe-se principalmente de um reator (ou tanque de aeração), de um decantador secundário (ou tanque de sedimentação) e de um sistema de recirculação do lodo (Figura 1). Parte do lodo gerado no decantador secundário, que é composto basicamente de microorganismos, é devolvido ao tanque de aeração, mantendo uma alta concentração de microorganismos no

sistema e aumentando a velocidade e eficiência da degradação.

Nos processos anaeróbios de tratamento de efluentes são empregados microorganismos que degradam a matéria orgânica presente no efluente, na ausência de oxigênio molecular. Nesse tipo de processo, a grande maioria de microorganismos que compõem a microfauna também é de bactérias, basicamente as acidogênicas e as metanogênicas. Como sistemas convencionais anaeróbios, os mais utilizados são os digestores de lodo, tanques sépticos e lagoas anaeróbias. Entre os sistemas de alta taxa, ou seja, aqueles que operam com alta carga orgânica, destacam-se os filtros anaeróbios, reatores de manta de lodo, reatores compartimentados e reatores de leito expandido ou fluidificado. A configuração mais comum para tratamento de esgoto doméstico, descrita na literatura especializada, é de um tanque séptico seguido de um filtro anaeróbio.

O tanque séptico é um exemplo de tratamento em nível primário, no qual os sólidos mais densos são removidos do seio da solução por sedimentação, ou seja, ficam no fundo do reator, onde acontece uma série de reações bioquímicas. Esse material é retido por até alguns meses para que aconteça a sua estabilização, evidentemente em condição anaeróbia.

Os filtros anaeróbios são reatores preenchidos com um material inerte, por exemplo brita, anéis de plástico e bambu, que servem de suporte para fixação da biomassa. O efluente sofre degradação biológica ao ser conduzido por um fluxo ascendente, e não por pura filtração, como sugere o nome do sistema.

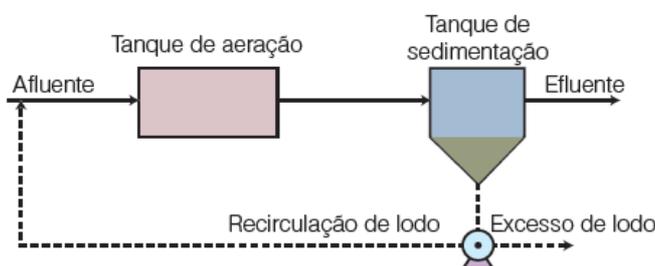


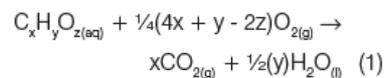
Figura 1: Representação simplificada de um sistema de lodo ativado.

Como mostrado na Figura 2 (note que é o mesmo processo discutido no texto sobre lixo p. 15), o processo de digestão anaeróbia pode ser dividido em quatro fases bem características: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Uma via alternativa pode ocorrer, quando na presença de sulfato, chamada de sulfetogênese.

Na etapa de hidrólise, as bactérias fermentativas hidrolíticas excretam enzimas para provocar a conversão de materiais particulados complexos em substâncias dissolvidas (reações extracelulares). Na acidogênese, as bactérias fermentativas acidogênicas metabolizam as substâncias oriundas da etapa anterior até produtos mais simples, tais como ácidos graxos, hidrogênio, gás carbônico, amônia etc. A fase de acetogênese, que ocorre em seguida, consiste na metabolização de alguns produtos da etapa anterior pelo grupo de bactérias acetogênicas, obtendo-se acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. Esses últimos produtos serão utilizados na metanogênese, evidentemente pelas bactérias metanogênicas, para formação do principal produto da digestão anaeróbia, que é o gás metano, CH_4 , além de CO_2 e H_2O . Uma outra etapa que pode ocorrer quando da presença de sulfatos é a sulfetogênese, ou seja, formação de H_2S no meio, fruto da atuação das bactérias redutoras de sulfato que competem com as metanogênicas pelo mesmo substrato, o acetato.

As reações biológicas de oxidação-redução

Uma reação geral (equação 1) que descreve o mecanismo do metabolismo aeróbio de compostos orgânicos, representado por $C_xH_yO_z$, é a seguinte:



A título de ilustração, é possível exemplificar a respiração aeróbia utilizando-se como modelo a molécula de glicose (equação 2), mostrando apenas a oxidação de um carboidrato. É importante salientar que essa é uma representação bem simplificada, e que outras etapas certamente ocorrem antes de se chegar aos produtos finais,

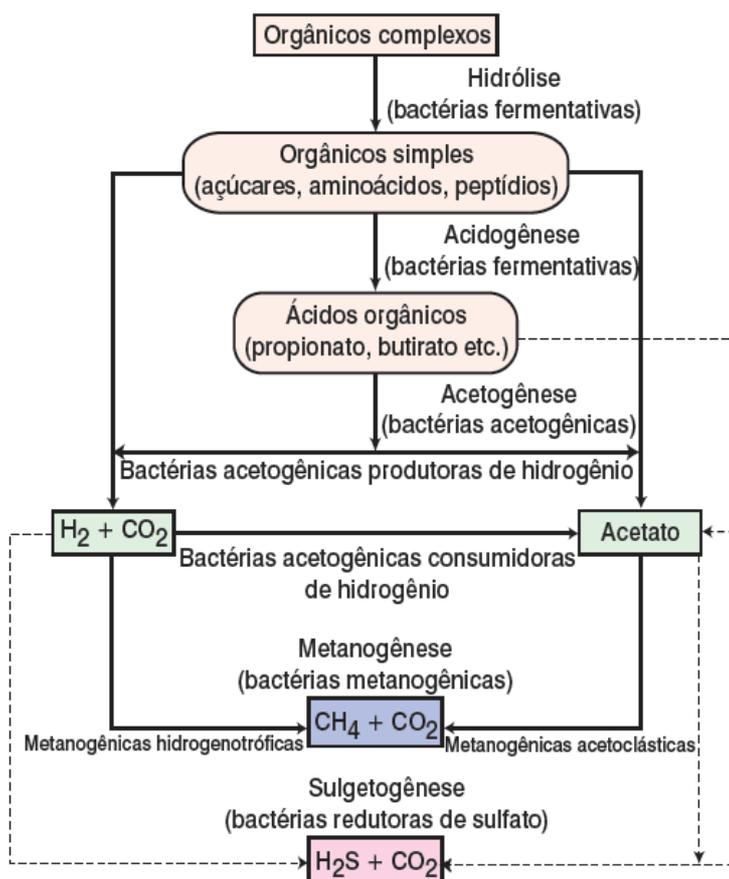
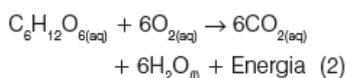


Figura 2: Seqüências metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia (Fonte: Chemicharo, 1997).

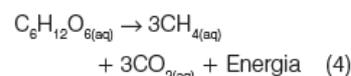
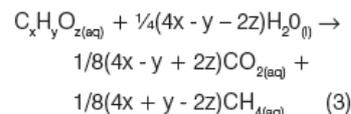
ou seja, ao dióxido de carbono e à água. Essa reação bioquímica pode ser realizada por apenas um microorganismo, e não necessariamente em várias etapas por diferentes microorganismos.



A energia liberada nesse processo de respiração é utilizada para manutenção das atividades vitais dos microorganismos, como por exemplo os processos de reprodução, locomoção, biossíntese de moléculas fundamentais para sua sobrevivência etc.

Em relação ao metabolismo anaeróbio, como visto anteriormente na Figura 1, a degradação da matéria orgânica é realizada em diversas etapas distintas e por diferentes espécies de

bactérias. No entanto, pode-se descrevê-lo simplificadaamente por meio de uma equação geral para carboidratos (Equação 3), e como exemplo utilizando-se novamente a glicose (Equação 4). Neste caso, o carbono aparece entre os produtos no seu mais alto estado de oxidação (4+), na molécula de CO₂, e em seu estado mais reduzido (4-), na molécula de CH₄. A energia resultante dessa reação também é utilizada para os mesmos fins que o processo aeróbio.



Desde o início da degradação da matéria orgânica complexa até os produtos finais (principalmente CH₄ e CO₂), existe um sintrofismo² entre as várias espécies de bactérias, atuando seqüencial e simultaneamente, ou seja, os produtos de degradação são os substratos para uma etapa seguinte. É importante ressaltar que as diversas reações ocorrem concomitantemente e em situação de equilíbrio.

Vale a pena destacar que nos processos aeróbios há uma elevada

Geração de energia nas reações bioquímicas

Os microorganismos que participam da degradação dos diversos compostos presentes no esgoto são heterotróficos, ou seja, os compostos de carbono são as fontes de energia e alimento que esses seres vivos utilizam para a manutenção de sua atividade biológica. As principais reações bioquímicas que ocorrem para geração de energia são:

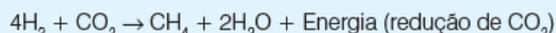
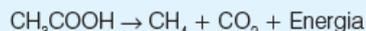
Condições aeróbias: degradação de matéria orgânica



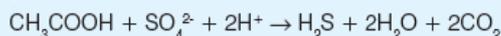
Condições anóxicas: desnitrificação



Condições anaeróbias: degradação da matéria orgânica (metanogênese):



Dessulfatação (sulfetogênese):



atividade celular. Aproximadamente 50% da carga orgânica, suspensa e dissolvida, que entra em um sistema de lodo ativado é convertida em biomassa celular, conhecida como lodo biológico. Esse fenômeno é uma síntese de material celular (fase sólida) a partir de compostos dispersos no meio líquido (fase líquida), sendo possível considerá-lo uma simples transferência de fase. É evidente que ocorrem modificações moleculares, resultantes de reações bioquímicas de transformação de uma grande parte da matéria orgânica presente no meio aquoso. Além disso, uma parte pode ser absorvida e adsorvida sem nenhuma modificação em sua estrutura.

Transformações da matéria orgânica nitrogenada

A matéria orgânica normalmente presente em águas residuais é composta basicamente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e outros elementos em menor proporção, porém essenciais para a ocorrência dos processos biológicos de estabilização³ desse material. O nitrogênio é um dos elementos limitantes do crescimento celular, abundante na natureza e bastante importante em sistemas de tratamento de efluentes.

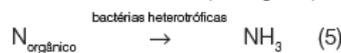
Na biodegradação de aminoácidos e proteínas (matéria orgânica nitrogenada) em processos biológicos de tratamento de esgotos ocorre a conversão destes em compostos mais simples como amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio

As formas oxidadas e reduzidas do nitrogênio

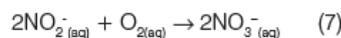
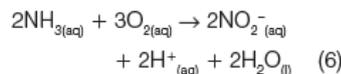
O nitrogênio pode existir em vários estados de oxidação na natureza, e todos essas espécies possuem a sua importância ambiental, industrial, biológica etc. No entanto, em sistemas aquáticos as formas que predominam e que são importantes para avaliação da qualidade da água apresentam número de oxidação 3-, 0, 3+ e 5+. Abaixo são mostradas as principais espécies de ocorrência natural do nitrogênio, e o seu respectivo estado de oxidação.

(3-)	(3-)	(0)	(1+)	(2+)	(3+)	(4+)	(5+)
N _{org}	NH ₃	N ₂	N ₂ O	NO	NO ₂ ⁻	NO ₂	NO ₃ ⁻

molecular. Esse mecanismo é efetuado em etapas distintas por grupos diferentes de microorganismos. Uma primeira etapa é a conversão do nitrogênio orgânico em amônia pela ação de bactérias heterotróficas sob condições aeróbias ou anaeróbias (Equação 5).

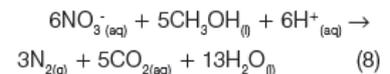


A amônia liberada pode ser oxidada por bactérias nitrificantes autotróficas. O grupo das bactérias *Nitrosomonas*, conhecidas como formadoras de nitritos, convertem a amônia, necessariamente sob condições aeróbias, para nitrito (Equação 6). O nitrito por sua vez é oxidado pelo grupo das bactérias *Nitrobacter* até nitrato (Equação 7).



Uma das formas de remoção de nitrogênio nos efluentes líquidos é a utilização de bactérias heterotróficas

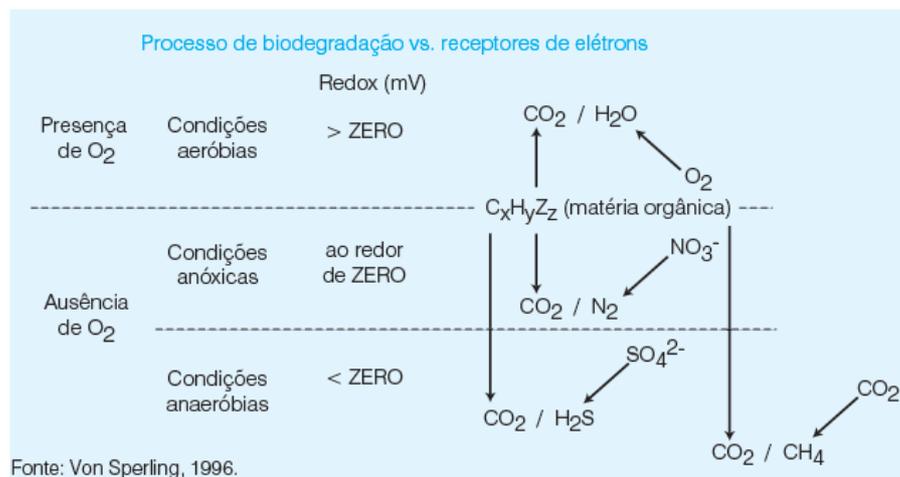
facultativas, que promovem a desnitrificação. Esse processo transforma o nitrato em gás nitrogênio, sob condições anóxicas⁴. Nesse processo é necessária e fundamental a presença de matéria orgânica de fácil degradação, como por exemplo o metanol. Em alguns casos pode haver a remoção de até 40% do nitrogênio, quando utilizado esse procedimento. A Equação 8 ilustra esse caso.



A Equação 8 descreve a redução desassimilatória de nitrito e nitrato, na qual o produto final é um gás inerte, N₂, de modo que o nitrogênio orgânico 'desaparece' e não mais provocará um consumo de oxigênio em ecossistemas aquáticos, em geral os corpos d'água receptores.

Na Figura 3 é apresentado o ciclo do nitrogênio, onde são indicados os mecanismos de nitrificação e desnitrificação.

Por exemplo, é possível estimar se houve despejo de esgoto doméstico em um corpo aquático analisando-se as várias formas do nitrogênio: se o aporte do resíduo foi recente, certamente a maior fração do nitrogênio total será o nitrogênio orgânico ou mesmo na forma de amônia, indicando que a matéria orgânica ainda não foi oxidada. No entanto, se for um lançamento antigo, e evidentemente se o meio for aeróbio, a espécie mais significativa, dentre todas, será o nitrato, a forma mais oxidada. Por outro lado, se



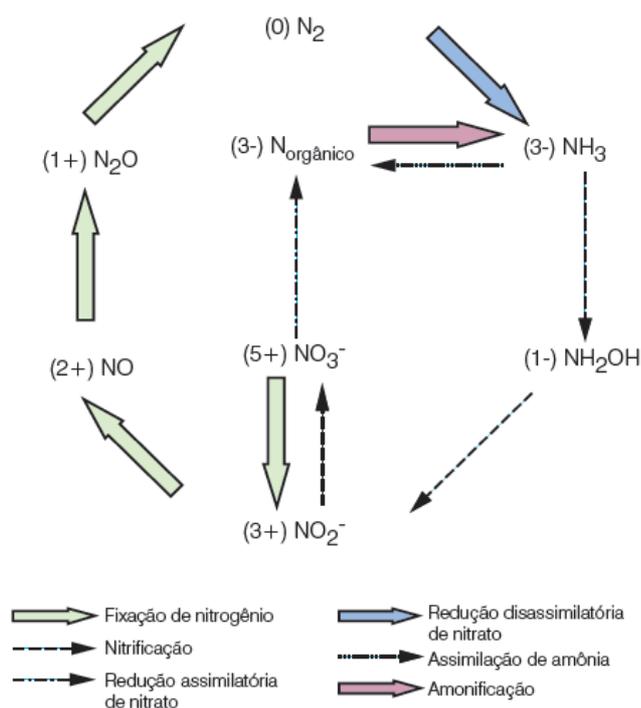


Figura 3. Ciclo do nitrogênio (Fonte: Saunders, 1986).

uma grande proporção do nitrogênio estiver na forma intermediária de oxidação, o nitrito, isso pode significar que a matéria orgânica encontra-se ainda em processo de estabilização.

O acompanhamento das várias formas de nitrogênio ao longo de um determinado trecho de um rio indica qual a capacidade desse corpo d'água para degradar e transformar a carga orgânica nitrogenada e, principalmente, a sua capacidade de assimilar determinadas classes de resíduos líquidos.

Processos físico-químicos

Em relação aos processos físico-químicos, os mais utilizados são a coagulação, a floculação, a decantação, a flotação, a separação por membranas, a adsorção e a oxidação química.

Nas águas residuais existem partículas de dimensões muito pequenas, da ordem de 1 μm ou até menores, chamadas de partículas coloidais, que podem permanecer em suspensão no líquido por um período de tempo muito grande. Essa mistura é chamada de suspensão coloidal e comporta-se, em

muitos aspectos, como uma verdadeira solução. Tais partículas possuem normalmente em sua superfície um residual de carga negativa que faz com que elas interajam com moléculas de água, permanecendo em suspensão.

A coagulação é um processo onde partículas que originariamente se apresentam separadas são aglutinadas pela utilização de coagulantes, principalmente sais de ferro III e alumínio, além de polieletrólitos. Esse processo resulta de dois fenômenos: o primeiro é químico e consiste de reações de hidrólise do agente coagulante, produzindo partículas de carga positiva; o segundo é puramente físico e consiste de choques das partículas com as impurezas, que apresentam carga negativa, ocorrendo uma neutralização das cargas e a formação de partículas de maior volume e densidade. A coagulação ocorre em um curto espaço de tempo, podendo variar de décimos de segundo a um período da ordem de 100 s.

A floculação é um processo físico que ocorre logo em seguida à coagu-

lação e se baseia na ocorrência de choques entre as partículas formadas anteriormente, de modo a produzir outras de muito maior volume e densidade, agora chamadas de flocos.

Esses flocos, que são as impurezas que se deseja remover, podem ser separados do meio aquoso por meio de sedimentação, que consiste na ação da força gravitacional sobre essas partículas, as quais precipitam em uma unidade chamada decantador. Uma outra opção para a retirada desses flocos do seio da solução é a utilização da flotação por ar dissolvido, que consiste na introdução de microbolhas de ar que aderem à superfície da partícula, diminuindo sua densidade, transportando-a até a superfície, de onde são removidas. Essa unidade é conhecida como flotador.

A adsorção consiste de um fenômeno de superfície e está relacionado com a área disponível do adsorvente, a relação entre massa do adsorvido e massa do adsorvente, pH, temperatura, força iônica e natureza química do adsorvente e do adsorvido. A adsorção pode ser um processo reversível ou irreversível.

Historicamente o carvão ativado (CA) ficou conhecido como o adsorvente 'universal', usado principalmente para tratamento de águas residuais contendo radionuclídeos e metais. No entanto, esse adsorvente é notadamente efetivo para a remoção de moléculas apolares, e é muito utilizado em tratamento de água de abastecimento, para remoção de substâncias que provocam cor e sabor. Predominantemente utiliza-se carvão ativado na forma granular, produzido a partir de madeira, lignita e carvão betuminoso, com área superficial variando de 200 a 1.500 m^2/g .

A adsorção em alumina ativada (AA) tem sido utilizada na remoção de fluoreto, arsênio, sílica e húmus. Esse adsorvente, Al_2O_3 , é preparado em uma faixa de temperatura de 300 a 600 $^{\circ}C$ e apresenta uma área superficial de 50 a 300 m^2/g . Na verdade, a adsorção é um fenômeno de troca iônica, e os ânions são mais bem adsorvidos em pHs próximos de 8,2, ou seja, no pH_{ZPC} , conhecido como potencial zeta ou isoeletrico. Na faixa de pH de

5 a 8 há uma ordem preferencial de adsorção de ânions: $\text{OH}^- > \text{H}_2\text{AsO}_4^- > \text{F}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$. É importante notar que se o pH do efluente a ser tratado for alto (elevada concentração de OH^-), haverá uma rápida saturação dos sítios ativos do adsorvente.

Outros adsorventes naturais têm sido testados, tais como plantas, raízes, bagaço de cana, cabelo, cinzas etc. O aguapé, uma macrófita flutuante, foi muito utilizado para tratamento de efluentes contendo fenol e metais. Esses compostos são adsorvidos em grande parte nas raízes, e evidentemente como desvantagens pode-se citar a necessidade de uma renovação periódica da planta, o aparecimento de mosquitos e destino final das plantas utilizadas.

A oxidação química é o processo pelo qual elétrons são removidos de uma substância ou elemento, aumentando o seu estado de oxidação. Em termos químicos, um oxidante é uma espécie que recebe elétrons de um agente redutor em uma reação química.

Os agentes de oxidação mais comumente utilizados em tratamento de águas residuais são cloro (Cl_2), hipoclorito (OCl^-), dióxido de cloro (ClO_2), ozônio (O_3), permanganato (MnO_4^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ferrato (FeO_4^{2-}). Na desinfecção de águas de abastecimento, que também é uma reação de oxidação-redução, os agentes comumente utilizados são Cl_2 , OCl^- , HOCl , ClO_2 e O_3 .

A capacidade de oxidação pode ser comparada pela quantidade de oxigênio livre disponível, $[\text{O}]$, fornecida por cada um desses agentes oxidantes. Na Tabela 1 são apresentadas as semi-reações relativas à formação dessa espécie. Também é mostrado nessa tabela o que se define como oxigênio reativo equivalente, uma relação entre quantidade da espécie $[\text{O}]$ e de oxidante.

Na Tabela 2 é apresentado o potencial padrão de cada oxidante, onde é feita uma comparação de cada um deles, inclusive em relação ao potencial hidrogeniônico do meio, ou seja, em diferentes condições de pH. Como exemplo, pode-se observar uma grande diferença no poder de oxidação no caso do ácido hipocloroso, ou seja, em

Tabela 1: A proporção de oxigênio livre disponível de cada agente oxidante.

Semi-reação	Oxigênio reativo equivalente	
	Mol de $[\text{O}]$ por mol de oxidante	Mol de $[\text{O}]$ por kg de oxidante
$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{O}] + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+$	1,0	14,1
$\text{HOCl} \rightarrow [\text{O}] + \text{Cl}^- + \text{H}^+$	1,0	19,0
$2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 5[\text{O}] + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+$	2,5	37,0
$\text{O}_3 \rightarrow [\text{O}] + \text{O}_2$	1,0	20,8
$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow [\text{O}] + \text{H}_2\text{O}$	1,0	29,4
$2\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3[\text{O}] + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^-$	1,5	9,5
$2\text{FeO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3[\text{O}] + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{OH}^-$	1,5	7,6

Tabela 2: Potencial padrão de cada agente oxidante.

Oxidante	Meio reacional	Eh (V)
Cl_2	ácido	1,36
HOCl	ácido	1,49
	básico	0,89
ClO_2	ácido	1,95
	básico	1,16
O_3	ácido	2,07
	básico	1,25
H_2O_2	ácido	1,72
	básico	0,59
KmnO_4	ácido	1,70
	básico	0,59
K_2FeO_4	ácido	0,74
	básico	2,20

meio ácido a espécie predominante, a forma não dissociada HOCl , possui um potencial de oxidação bem maior que a espécie iônica OCl^- (ion hipoclorito), predominante em meio básico.

Na maioria dos casos, a oxidação de compostos orgânicos, embora seja termodinamicamente favorável (energia livre de Gibbs menor que zero) é de cinética lenta. Assim, a oxidação completa é geralmente inviável sob o ponto de vista econômico.

Uma das grandes vantagens da oxidação química comparada a outros tipos de tratamento, como por exemplo o processo biológico, é a ausência de subprodutos sólidos (lodo). Os produtos finais da oxidação química de matéria orgânica, por exemplo, são apenas o dióxido de carbono e a água (Equação 9):



Na oxidação química de um determinado composto, ou mesmo de uma mistura deles, pode ocorrer uma oxidação primária, na qual se observa um rearranjo das espécies iniciantes, de modo que a estrutura química é alterada, levando a subprodutos que podem ser mais ou menos tóxicos que os compostos originais. Quando houver uma conversão das espécies químicas originais para subprodutos de toxicidade reduzida, trata-se de uma oxidação parcial. Na oxidação total há uma completa destruição das espécies orgânicas, ou seja, uma completa mineralização.

Os processos de separação por membranas, tais como osmose reversa, ultrafiltração, hiperfiltração, e eletrodialise, usam membranas seletivas para separar o contaminante da fase líquida. Essa separação é efetuada por pressão hidrostática ou potencial elétrico. Nesse processo o contaminante dissolvido (ou solvente) passa através de uma membrana seletiva ao tamanho molecular sob pressão. Ao final do processo obtém-se um solvente relativamente puro, geralmente água, e uma solução rica em impurezas.

Na hiperfiltração acontece a passagem de espécies pela membrana com massa molecular na faixa de 100 a 500 g/mol; a ultrafiltração é usada para separação de solutos orgânicos com massa molecular variando de 500 até 1.000.000 g/mol. A ultrafiltração e a hiperfiltração são especialmente úteis

para concentrar e separar óleos, graxas e sólidos finamente divididos em água. Também servem para concentrar soluções de moléculas orgânicas grandes e complexos iônicos de metais pesados.

A técnica de separação por membranas mais difundida é a osmose reversa (OR). Embora superficialmente similar à ultra e hiperfiltração, ela opera por um princípio diferente no qual a membrana é seletivamente permeável para a água e não para solutos iônicos. Essa técnica utiliza altas pressões para forçar a permeação do solvente pela membrana, produzindo uma solução altamente concentrada em sais dissolvidos. A osmose reversa é tradicionalmente utilizada para produção de água para abastecimento a partir de água salgada, na separação de compostos inorgânicos, como metais e cianocomplexos, de compostos orgânicos de massa molecular maior que 120 g/mol e de sólidos em concentração de até 50.000 mg/L.

A osmose reversa é baseada no princípio da osmose. Quando duas soluções de concentrações diferentes estão separadas por uma membrana semipermeável, a água flui da solução menos concentrada para a mais con-

centrada. O processo ocorre até que se atinja o equilíbrio. Se uma pressão maior que a pressão osmótica é aplicada na solução mais concentrada, observa-se o fenômeno da osmose reversa, ou seja, a água flui da solução mais concentrada para a menos concentrada. A pressão osmótica que necessita ser vencida é proporcional à concentração do soluto e à temperatura, e totalmente independente da membrana.

O princípio básico da eletrodialise é a aplicação de uma diferença de potencial entre dois eletrodos, em uma solução aquosa, separados por membranas seletivas a cátions e ânions e dispostas alternadamente. Os cátions migram em direção ao catodo e os ânions em direção ao anodo, produzindo fluxos alternados, pobres e ricos em cátions e ânions, separados fisicamente pelas diferentes membranas.

Alguns estudos em estações de tratamento de efluentes líquidos mostram que a eletrodialise é um método de grande potencial prático e econômico para remover mais de 50% de compostos inorgânicos dissolvidos em efluentes que sofreram um pré-tratamento para remoção de sólidos em suspensão, os quais provocariam

entupimento ou colmatção das membranas. Para uma melhor eficiência de remoção, pode ser preciso que a água a ser tratada recircule quantas vezes for necessário para alcançar o nível desejado de qualidade.

Na Tabela 3 são apresentados os mecanismos de remoção dos componentes poluentes mais utilizados em estações de tratamento de águas residuais. A maioria deles já foi descrita anteriormente nos processos biológicos e físico-químicos.

Legislação ambiental

No território brasileiro, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986, estabelece os padrões de qualidade de corpos aquáticos, bem como de lançamentos de efluentes. As águas residuais, após tratamento, devem atender aos limites máximos e mínimos estabelecidos pela referida resolução, e os corpos d'água receptores não devem ter sua qualidade alterada.

É importante salientar que é possível utilizar a legislação específica de cada estado, desde que a mesma seja mais restritiva que a federal. Neste trabalho será abordada apenas a legis-

Tabela 3: Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos.

Poluente	Dimensões	Principais mecanismos de remoção	
Sólidos	Maiores dimensões (maiores que ~1 cm)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras
	Dimensões intermediárias (maiores que ~0,001 mm)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Dimensões diminutas (menores que ~0,001 mm)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Dimensões superiores a ~0,001 mm	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
Matéria orgânica	Dimensões inferiores a ~0,001 mm	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
	Organismos transmissores de doenças	Radiação ultra-violeta	Radiação do sol ou artificial
		Condições ambientais adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies
	Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante, como o cloro	

Fonte: Barros et. al., 1995.

lação federal, da qual alguns artigos serão transcritos integralmente e outros apenas citados e comentados.

Segundo a concentração de sais, as águas são classificadas, de acordo com o artigo 2º, em águas doces (salinidade $\leq 0,05\%$), águas salobras ($0,05\% < \text{salinidade} < 3\%$) e águas salinas (salinidade $\geq 3\%$).

Na Tabela 4 são apresentados os principais padrões de qualidade referentes às diferentes classes dos corpos d'água, e a título de ilustração e comparação, também são apresentados os padrões de lançamento, descritos no artigo 21º. O ideal é que qualquer tipo de disposição de efluen-

tes líquidos primeiramente deva atender ao próprio padrão de lançamento (art. 21º) e ao mesmo tempo não provocar alteração na classe (padrões de qualidade, art. 4º a 11º) do corpo d'água receptor, conforme descrito no art. 19º.

O padrão de lançamento de efluentes pode ser excedido desde que os padrões de qualidade dos corpos d'água sejam mantidos e desde que haja autorização do órgão fiscalizador estadual, resultante de estudos de impacto ambiental. É muito importante salientar que não é permitida a diluição de águas residuais com águas de abastecimento, água de mar e água

de refrigeração (art. 22º), com objetivo de atender aos padrões de lançamento.

A origem da água residual a ser tratada pode ser doméstica, industrial ou uma mistura de ambas. O nível de tratamento desejado ou exigido por lei depende das características do próprio esgoto e do padrão de lançamento, ou mesmo se a água residual tratada for reutilizada. De um modo geral, o que se deseja remover das águas residuais é matéria orgânica, sólidos em suspensão, compostos tóxicos, compostos recalcitrantes, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e organismos patogênicos.

Dependendo da concentração e do tipo do composto poluente, é necessária a utilização de diversos níveis de tratamento para atingir o grau de depuração desejado ou exigido. Usualmente, os níveis de tratamento são classificados em primário, secundário e terciário. Na Tabela 5 esses níveis são descritos de forma resumida, mostrando as suas principais características e objetivos quanto à necessidade de aplicação.

Principais parâmetros de interesse sanitário e ambiental

As normas para classificação de corpos aquáticos, bem como para lançamentos de efluentes líquidos tratados, envolvem uma série de parâmetros de interesse sanitário e ambiental, que devem ser monitorados e atendidos. A seguir serão apresentados os parâmetros comumente avaliados em ambientes aquáticos e em estações de tratamento de águas residuais, tanto na entrada como na saída desses locais.

Os principais fatores que influenciam o pH e suas variações na água são as proporções de espécies carbonatadas, a presença de ácidos dissociáveis, constituição do solo, decomposição da matéria orgânica, esgoto sanitário, efluentes industriais, tributários⁵ e solubilização dos gases da atmosfera. Vários vegetais e animais são responsáveis por processos como a fotossíntese e a respiração, que aumentam ou diminuem o pH das águas. Em relação a processos de tratamento de águas, essa variável afeta a coagulação química, a desidra-

A classificação das águas pelo 1º artigo da resolução CONAMA n. 20/1986

Águas doces

I - Classe Especial – águas destinadas: a) ao abastecimento sem prévio tratamento ou com simples desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas sem remoção de película; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 – águas destinadas: a) à navegação; b) à harmonia paisagística; c) aos usos menos exigentes.

Águas salinas

VI - Classe 5 – águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 – águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagística; c) à recreação de contato secundário.

Águas salobras

VIII - Classe 7 – águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 – águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagística; c) à recreação de contato secundário.

Tabela 4: A inter-relação entre os principais padrões de qualidade das diversas classes de corpos d'água (água doce) e padrão de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água Classe				Padrão de lançamento
		1	2	3	4	
Cor	uH ⁽¹⁾	30	75	75	-	-
Turbidez	uT ⁽²⁾	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	< 40
Materiais flutuantes	-	VA	VA	VA	VA	ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	(5)	(6)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos dissolvidos	mg/L	500	500	500	-	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO ⁽⁴⁾	mg/L	3	5 ⁽⁷⁾	10 ⁽⁷⁾	-	60 ⁽⁸⁾
OD ⁽⁹⁾	mg/L	6	5	4	2	-
Amônia	mg/L	0,02 ⁽⁹⁾	0,02 ⁽⁹⁾	-	-	5,0 ⁽⁹⁾
Coliformes totais	org./100 mL	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes fecais	org./100 mL	200	1.000	4.000	-	-
Regime de lançamento	-	-	-	-	-	(10)

Fonte: Barros *et al.*, 1995, (modificada).

VA: virtualmente ausente. (1): 1 uH (unidade Hazen) é equivalente à cor produzida por 1 mg K₂PtCl₆/L (1 mg de cloroplatinato de potássio por litro). (2): 1 uT (unidade de turbidez) é equivalente à turbidez produzida por 1 mg SiO₂/L (1 mg de óxido de silício por litro). (3): oxigênio dissolvido: é a quantidade de oxigênio gasoso (O₂) presente na água. (4): Demanda bioquímica de oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização biológica da matéria orgânica, sob condições aeróbias e controladas (período de 5 dias e 20 °C). (5): toleram-se efeitos iridescentes (que dão as cores do arco-íris). (6): minerais: 20 mg/L; vegetais e gorduras animais 50 mg/L. (7): estes valores podem ser ultrapassados quando na existência de casos de estudo de autodepuração do corpo d'água indiquem que a OD deverá estar dentro dos padrões estabelecidos quando da ocorrência de condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência). (8): pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%. (9): padrão do corpo receptor: amônia (NH₃); padrão de lançamento: amônia total (NH₃ + NH₄⁺). (10): a vazão máxima deverá ser 1,5 vez a vazão média do período de atividade no agente poluidor.

tação do lodo, a desinfecção, a oxidação química, as reações de amolecimento de águas e o controle de corrosão. Em relação aos processos biológicos de tratamento de efluentes, o pH é de fundamental importância nas reações bioquímicas, como por exemplo em processos de tratamento de efluente anaeróbico, no qual o pH deve ficar na faixa de 6,8 a 7,2 para que a eficiência do processo seja ideal. Uma elevada concentração de íons H⁺ (baixo valor de pH) pode diretamente provocar fitotoxicidade causada pela própria concentração deste íon, ou indiretamente pela liberação de metais presentes no solo, ou sedimento, para a solução, disponibilizando-os. No solo, o exemplo clássico se refere ao íon alumínio, Al³⁺. Em relação ao sedimento, além do alumínio, outros metais são normalmente liberados para a coluna d'água, incluindo os metais pesados, Cd²⁺, Hg²⁺ e Pb²⁺, que são bastante tóxicos.

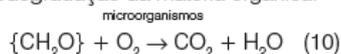
Muitas espécies de organismos aquáticos não têm chance de sobrevivência em águas com baixos níveis de oxigênio dissolvido (OD). Por outro lado, para uma parcela significativa de organismos o oxigênio é extremamente tóxico, denominados de microorganismos estritamente anaeróbios, que são tão importantes na estabilização da matéria orgânica e no equilíbrio ecológico, quantos os microorganismos

Tabela 5: Características dos níveis de tratamento dos esgotos.

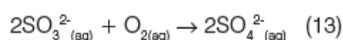
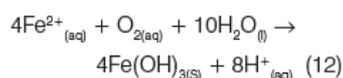
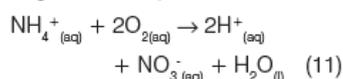
Item	Nível de tratamento			
	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário
Poluentes removidos	Sólidos grosseiros	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos sedimentáveis Matéria orgânica sedimentável 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos não sedimentáveis Matéria orgânica não sedimentável Eventualmente nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> Matéria orgânica suspensa e dissolvida Compostos inorgânicos dissolvidos Nutrientes
Eficiência de remoção	—	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos suspensos: 60 a 70% Matéria orgânica: 30 a 40% Patogênicos: 30 a 40% 	<ul style="list-style-type: none"> Matéria orgânica: 60 a 99% Patogênicos: 60 a 99% 	<ul style="list-style-type: none"> Patogênicos: próximo a 100% Nutrientes: 10 a 95% Metais pesados: próximo a 100%
Tipo de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> Físico-químico Biológico
Cumprir o padrão de lançamento?	Não	Não	Usualmente sim	Sim
Aplicação	Montante de elevatória Etapa inicial de tratamento	Tratamento parcial Etapa intermediária de tratamento mais completo	Tratamento mais completo (para matéria orgânica)	Tratamento mais refinado e eficiente para produzir um efluente de melhor qualidade

Fonte: Barros *et al.*, 1995 (modificado).

aeróbios. A degradação da matéria orgânica provoca o consumo de oxigênio presente na água (Equação 10). Muitas das mortandades de peixes não são causadas diretamente pela presença de compostos tóxicos, e sim pela deficiência de oxigênio resultante da biodegradação da matéria orgânica.



Além da oxidação de matéria orgânica mediada por microorganismos, também o oxigênio pode ser consumido pela biooxidação de compostos orgânicos nitrogenados (Equação 11), assim como por reações químicas ou bioquímicas de substâncias potencialmente redutoras presentes na água (equações 12 e 13).

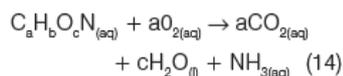


A atmosfera, que contém cerca de 21% de oxigênio, é a principal fonte de reoxigenação de corpos d'água, por meio da difusão do gás na interface água/ar. O oxigênio também pode ser introduzido pela ação fotossintética das algas. No entanto, a maior parte do gás oriundo dessa última fonte é consumido durante o processo de respiração, além da própria degradação de sua biomassa morta.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização da matéria orgânica degradada pela ação de bactérias, sob condições aeróbias e controladas (período de 5 dias a 20 °C). Basicamente, a informação mais importante que esse teste fornece é sobre a fração dos compostos biodegradáveis presentes no efluente. Muito importante, inclusive, para trabalhos de tratabilidade de águas residuais. O teste de DBO é muito usado para avaliar o potencial

de poluição de esgotos domésticos e industriais em termos do consumo de oxigênio. É uma estimativa do grau de depleção de oxigênio em um corpo aquático receptor natural e em condições aeróbias. O teste também é utilizado para a avaliação e controle de poluição, além de ser utilizado para propor normas e estudos de avaliação da capacidade de purificação de corpos receptores de água. A DBO pode ser considerada um ensaio, via oxidação úmida, no qual organismos vivos oxidam a matéria orgânica até dióxido de carbono e água.

Há uma estequiometria entre a quantidade de oxigênio requerida para converter certa quantidade de matéria orgânica para dióxido de carbono, água e amônia, o que é mostrado na seguinte equação generalizada:



A demanda química de oxigênio (DQO) é uma análise para inferir o consumo máximo de oxigênio para degradar a matéria orgânica, biodegradável ou não, de um dado efluente após sua oxidação em condições específicas. Esse ensaio é realizado utilizando-se um forte oxidante, ou seja, o dicromato em meio extremamente ácido e temperatura elevada. O valor obtido indica o quanto de oxigênio um determinado efluente líquido consumiria de um corpo d'água receptor após o seu lançamento, se fosse possível mineralizar toda a matéria orgânica presente, de modo que altos valores de DQO podem indicar um alto potencial poluidor. Esse teste tem sido utilizado para a caracterização de efluentes industriais e no monitoramento de estações de tratamento de efluentes em geral. A duração desse ensaio é de aproximadamente 3 horas.

Um outro ensaio que atualmente vem sendo bastante utilizado para

avaliação do conteúdo orgânico em águas é o carbono orgânico total (COT). Esse teste fornece a quantidade de carbono orgânico presente em uma amostra, sem distinção se a matéria orgânica é biodegradável ou não. Nesta análise, o dióxido de carbono (CO₂) é quantificado após a oxidação da amostra em um forno a alta temperatura (entre 680 e 900 °C), na presença de um catalisador e oxigênio. Outra opção é a degradação da matéria orgânica utilizando-se um forte oxidante em meio ácido

sob a presença de luz ultravioleta. O tempo de duração do teste varia de 2 a 10 minutos.

Os principais nutrientes encontrados nas águas são o nitrogênio e o fósforo, e possuem importante papel nos ecossistemas aquáticos, atuando como fatores limitantes de crescimento e reprodução das comunidades e responsáveis pelos processos de eutrofização e alteração de seu equilíbrio dinâmico. As fontes de nitrogênio e de fósforo podem ser naturais ou antrópicas.

As fontes principais de nitrogênio são a atmosfera, a precipitação pluviométrica, o escoamento superficial, o revolvimento de sedimento de fundo, esgoto sanitário, efluentes industriais, erosão, queimadas, decomposição, lise celular e excreção.

Em relação às fontes de fósforo naturais, as principais são os processos de intemperismo das rochas e decomposição da matéria orgânica. Já as artificiais consistem de efluentes industriais, esgotos sanitários e fertilizantes. É importante ressaltar ainda que os sabões e detergentes são os maiores responsáveis pela introdução de fosfatos nas águas.

A presença ou ausência desses nutrientes pode ser benéfica ou não. Em estuários, a presença excessiva de nitrogênio pode provocar um aumento na população de organismos aquáticos. O mesmo ocorre em lagos, quando do aumento da concentração de fósforo. O crescimento exagerado da população de algas em águas doces decorre da elevada concentração de nutrientes, um

A demanda química de oxigênio (DQO) é uma análise para inferir o consumo máximo de oxigênio para degradar a matéria orgânica, biodegradável ou não, de um dado efluente após sua oxidação em condições específicas

A demanda bioquímica por oxigênio (BDO) pode ser considerada em ensaio, via oxidação úmida, no qual organismos vivos oxidam a matéria orgânica até dióxido de carbono e água

fenômeno bastante comum em lagos e reservatórios. Frequentemente há uma depleção de oxigênio em corpos aquáticos resultante da oxidação da biomassa formada por algas mortas. O ambiente anaeróbio é fatal para muitos organismos. Mais detalhes sobre o processo de eutrofização podem ser encontrados no artigo *As águas do planeta Terra* (p. 35).

A remoção de amônia, nitrato e nitrito das águas residuais nas estações de tratamento de esgotos (ETE) é importante, pois são compostos que produzem efeitos deletérios à saúde tanto dos organismos presentes nos corpos d'água como aos seres humanos consumidores de água de abastecimento oriundas de mananciais superficiais e subterrâneos. Concentrações de amônia acima de 0,25 mg/L afetam o crescimento de peixes e na ordem de 0,50 mg/L são letais. Já o nitrato, quando ingerido, é reduzido a nitrito no trato intestinal e ao entrar na corrente reage com a hemoglobina, convertendo-a em meta-hemoglobina, molécula que não possui a capacidade de transportar oxigênio. Além disso, o nitrato ingerido pode ser convertido a nitrosaminas, composto cancerígeno.

Os organismos patogênicos, tais como bactérias, vírus, vermes e protozoários, são os principais causadores de doenças de veiculação hídrica e aparecem na água, normalmente, em baixa concentração e de forma intermitente. O isolamento e detecção de um patógeno tem um custo elevado e em média o teste leva 6 dias para obtenção do resultado; um tempo muito longo para qualquer tomada de decisão.

O exame bacteriológico mais comum para avaliação da qualidade microbiológica de águas consiste da determinação de bactérias do grupo coliforme. As bactérias do grupo coliforme, em geral, mostram-se mais resistentes que as patogênicas, em relação aos processos naturais de depuração e à ação de desinfetantes. Portanto, se em uma amostra não forem encontrados coliformes, certamente os patógenos não estarão presentes, pelo menos em quantidade significativa. Por outro lado, se for encontrado bactérias do grupo colifor-

mes, há um risco de se encontrar os tais organismos infectantes ou causadores de doenças. Infelizmente, existem algumas exceções, como os cistos do agente da disenteria amebiana, que são muito mais resistentes que os coliformes.

O grupo coliforme é dividido em bactérias fecais (ou intestinais) e não fecais. As primeiras vivem e se multiplicam no trato digestivo de animais de sangue quente (mamíferos e aves) e são eliminadas junto com as fezes. As não fecais são encontradas normalmente no solo.

Há dois subgrupos de coliformes. Os coliformes totais são formados pelos gêneros *Escherichia coli*, *Citrobacter spp*, *Enterobacter spp* e *Klebsiella spp*. Os coliformes fecais, pelos gêneros: *Escherichia coli* e *Klebsiella t.t*. A identificação destes subgrupos é realizada utilizando-se diferentes meios de cultura, ou seja, para os totais é utilizado um meio de amplo espectro, enquanto para os fecais o meio é necessariamente seletivo.

Considerações finais

Dados recentes mostram que na região metropolitana de São Paulo (RMSP), apenas 17% de todas as indústrias tratam de alguma forma seus efluentes (*Água na boca*, 2000). Certamente esse valor deve ser bem menor quando se considera todo o território nacional.

Em relação ao tratamento de esgoto sanitário, principalmente aqueles gerados nas residências, muito pouco do total coletado em todo o país recebe algum processo de depuração, mesmo que em nível primário. Portanto, grande parte desse efluente *in natura* atinge os cursos d'água, caracterizando-se no maior problema de poluição aquática (Alves, 1992).

No nosso país, aproximadamente 60% dos pacientes internados em hospitais estão com alguma doença cuja origem é de veiculação hídrica, e estimativas apontam que se houvesse uma política de aplicação de verbas em

saneamento básico, ou seja, tratamento de água para abastecimento e de esgotos, haveria uma economia significativa em gastos com saúde. Segundo o IBGE (1997), no ano de 1996 aproximadamente 74,2% e 40,3% dos domicílios brasileiros dispunham de água tratada e rede coletora de esgoto, respectivamente. Esses números

indicam que uma grande parcela da população não tem acesso à água encanada e ao saneamento básico. Nesse sentido, políticas sérias de investimentos nessas áreas são de fundamental importância para a saúde pública.

É sempre importante ressaltar que a água é uma riqueza de quantidade e qualidade limitada, sendo necessário que se faça um uso racional desse bem. A necessidade do tratamento de águas residuárias com o objetivo de controle de poluição promove uma melhoria na qualidade dos corpos aquáticos e de águas destinadas ao abastecimento público, além da redução da poluição ambiental.

O desperdício de água e a utilização de tecnologias inadequadas, ultrapassadas e ineficientes pelo setor industrial, são práticas que devem ser combatidas por meio da otimização e/ou substituição de processos, e mesmo pela própria conscientização da população, além da ação importante dos órgãos fiscalizadores.

O tratamento, o reuso e a disposição adequada de águas servidas são procedimentos que visam minimizar os efeitos e as conseqüências indesejáveis ao ambiente. No entanto, antes de se encontrar a solução tecnológica mais adequada para amenizar tais efeitos e conseqüências, a pergunta que deve ser feita para todos os setores da população é a seguinte: Será que é necessário gerar determinado volume e tipo de efluente, para que depois o mesmo seja tratado?

Notas

1. Biooxidar (oxidação biológica): processo em que os organismos vivos, em presença ou não de oxigênio, por

As bactérias do tipo coliforme, em geral, mostram-se mais resistentes que as patogênicas. Se em uma amostra não forem encontrados coliformes, certamente os patógenos não estarão presentes em quantidade significativa

meio da respiração aeróbia ou anaeróbia, convertem matéria orgânica presente na água residuária em substâncias mais simples.

2. Sintrofismo: é um fenômeno que envolve a troca de nutrientes entre duas espécies de organismos, na qual cada um recebe benefícios dessa associação.

3. Estabilização: tem o mesmo sen-

tido de oxidação biológica.

4. Em condições anóxicas, ou seja, E_h ao redor de zero, na ausência de oxigênio molecular, ocorre o processo de desnitrificação.

5. Tributário: nesse caso refere-se a outros corpos d'água que atuam como afluentes do corpo d'água principal.

Referências bibliográficas

Água na Boca. Junho/2000. Disponível no site www.tvcultura.com.br/aloescola/ciencias/aguanaboca/aguanaboca.htm.

ALVES, F. Pobre Brasil (Editorial). *Saneamento Ambiental*, n. 19, p. 03, 1992.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES: *Modelagem de desestatização do setor de saneamento básico* (trabalho realizado por um consórcio de empresas contratadas). Rio de Janeiro, Maio de 1998, IV volumes. Mimeo.

BARROS, R.T.V. et al. *Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. v. 2 – Saneamento, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1995.

CHERNICHARO, C.A.L. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios*. v. 5, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1997.

GALAL-GORCHEV, *Desinfección del agua potable y subproductos de inter's*

para la salud. In: La calidad del agua potable en America Latina: Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riegos de los subproductos de la desinfección química, Craun, G.F. e Castro, R., eds., p. 89-100. ILSI Press: Washigton, EUA, 1996.

IBGE *Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores*. Rio de Janeiro, p. 97-99, 1997.

RESOLUÇÃO nº 20 do CONAMA: *Legislação Federal Brasileira*, 1986.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos*. v. 2, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

SAUNDERS, F.J. A new approach to the development and control of nitrification. *Water and Waste Treatment*, v. 43, p. 33-39, 1986.

Para saber mais

AZEVEDO-NETTO, J.M. et al. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. v. 2,

José Roberto Guimarães (jorober@fec.unicamp.br), bacharel em química, doutor em ciências pela UNICAMP, especialista em química ambiental/sanitária, é docente da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. **Edson Aparecido Abdul Nour** (ednour@fec.unicamp.br), engenheiro de alimentos e tecnólogo em saneamento, doutor em recursos hídricos e saneamento pela USP, especialista em tratamento de águas residuárias, é docente da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP.

São Paulo: CETESB, 1976.

CARVALHO, B.A. *Glossário de saneamento e ecologia*, ABES, Rio de Janeiro, 1 ed., 1981.

DI BERNARDO, L. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. v. 1, Rio de Janeiro: ABES, 1993.

MANAHAN, S.E. *Environmental chemistry*, Lewis Publishers-CRC Press, Inc., 6 ed., Boca Raton, Florida, EUA, 1994.

METCALF & EDDY INC. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, New York: McGraw-Hill Publishing Company, 3 ed., 1991.

NUNES, J.A., *Tratamento físico-químico de efluentes industriais*, Aracaju, 1993.

SAWER, C.N. et al. *Chemistry for environmental engineering*, New York: McGraw-Hill Book Company, 4 ed., 1994.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados*. v. 4, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1997.

Resenha

Uma boa leitura

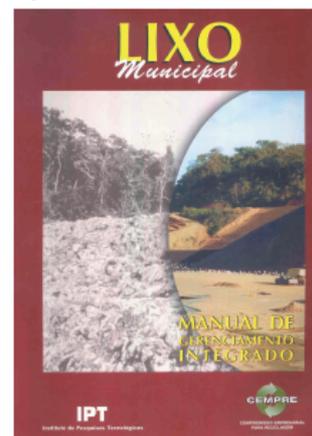
A obra *Lixo municipal – manual de gerenciamento integrado* do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e do CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) apresenta uma abordagem sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. Escrita por uma equipe técnica de especialistas da área, trata-se de uma publicação que aborda aspectos fundamentais para a definição de políticas públicas, atividades de treinamento técnico e educação ambiental, investimentos em novas tecnologias e, ainda, a reestruturação jurídica e financeira da atividade de tratamento e disposição final do lixo. Sua linguagem direta e acessível pode atender às necessidades das prefeituras municipais, organizações não-governamentais e a todos que tenham interesse em exercer a sua cidadania em favor do meio ambiente e da quali-

dade de vida da sociedade em que está inserido.

O livro é dividido em sete capítulos e anexos, cobrindo extensamente aspectos sobre reciclagem de materiais (orgânico, plástico, papel, vidro e metais). Para professores e estudantes, além da capacidade de abordar a questão dos resíduos de forma crítica, o texto também coloca à disposição tabelas, gráficos e muitas ilustrações que contribuem perfeitamente para a análise dos temas associados ao gerenciamento do lixo urbano. Em um de seus anexos, encontra-se a relação de entidades e associações governamentais e não-governamentais, que peca por não fornecer o endereço na Web.

Lixo municipal é referência obrigatória para aqueles que se ocupam da educação ambiental, especialmente professores comprometidos com a contextualização da química em qualquer nível de ensino.

Lixo municipal – manual de gerenciamento integrado. Organizadores: Maria Luiza Otero D'Almeida e André Vilhena. Segunda edição, São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000 (Publicação IPT 2622).



UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 8

1. Introdução: a proposta desta aula foi o desenvolvimento de uma discussão acerca dos atuais modelos de tecnologias empregados no tratamento de águas para o consumo humano ou nos tratamentos de efluentes industriais e as possibilidades tecnológicas conhecidas, assim como as suas respectivas potencialidades.

2. Conteúdo Específico: tratamento de águas; tratamento de efluentes industriais; processos oxidativos avançados.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: discutir a eficiência e os resultados do emprego de tecnologias tradicionais de tratamento de águas para o consumo humano e de efluentes industriais; discutir as implicações e justificativas que limitam o emprego de alternativas tecnológicas para tratamento de águas e efluentes; compreender as vantagens ao homem e ao ambiente decorrentes do emprego dos processos oxidativos avançados no tratamento de águas e efluentes.

5. Conteúdos privilegiados: tratamento de águas e efluentes; processos oxidativos avançados.

6. Orientação didática: os conteúdos tratamento de águas e efluentes e processos oxidativos avançados foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo dos conteúdos específicos

trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central da aula, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b**. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto na **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: Os estudantes foram apresentados a dois experimentos demonstrativos, um que possibilita estabelecer uma comparação com um processo de floculação tradicionalmente empregado em estações de tratamento de águas e outro em que o processo de tratamento foi realizado sem a adição de produtos químicos à água. Desenvolvidos os experimentos os estudantes foram questionados da seguinte forma: **I** – vocês imaginam que os processos de tratamento de água possam deixar resíduos prejudiciais à saúde? **II** – vocês acreditam que os atuais processos de tratamento de água empregados por empresas de saneamento sejam totalmente eficientes?

b) Discussão dialogada: após o contato com os experimentos, a turma foi organizada em duas equipes de trabalho para as atividades seguintes. Os estudantes receberam o roteiro '*Aula 8 – tratamentos de água e possibilidades alternativas*' (p.218-224), para que pudessem discutir sobre a eficiência de processos convencionais de tratamento de águas, suas limitações e possíveis consequências. O material contou com trechos extraídos de livro do *INCTAA – Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas* (2014); reportagem da revista *Veja* (2012); e questões para a orientação dos estudos sobre os poluentes emergentes e as possibilidades tecnológicas no processo de tratamento de água como alternativa às tecnologias tradicionalmente adotadas pelas companhias de saneamento no Brasil. Finalizados os estudos dos materiais e elaboradas as respostas às questões, as equipes organizadas foram orientadas a desenvolver uma apresentação para a *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: as duas equipes formadas deverão realizar, cada qual, uma palestra que apresente a defesa da seguinte ideia: '*os processos oxidativos avançados são importantes e devem ser inseridos como parte dos processos de tratamento de águas para o consumo humano*'. A equipe que estiver assistindo a apresentação deverá lançar contra-propostas ao emprego dos processos oxidativos avançados e vice-versa. Cada uma das equipes deverá produzir um '*relatório de defesa*' sobre o desenvolvimento da sua palestra contendo uma síntese dos argumentos utilizados durante a defesa das ideias.

7. Recursos didáticos: experimentos de floculação; roteiro de aula '*Aula 8 – tratamentos de água e possibilidades alternativas*'; fichas para questionários; fichas para diários de bordo.

8. Avaliação: a avaliação dos estudantes esteve pautada na observação da participação de cada um dentro da dinâmica das equipes durante a aula, em suas respectivas elaborações das respostas aos questionamentos e nas contribuições prestadas ao desenvolvimento da atividade proposta.

REFERÊNCIAS

CANELA, M.C. *et al.* **Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil.** Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA. São Carlos: Editora Cubo, 2014. 96 p. : il. ISBN 978-85-60064-45-8; ISBN 978-85-60064-51-9 (e-book)

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

ROSA, G. Poluentes. VEJA. 22 jun. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/ameaca-invisivel>> acesso em: 21 nov. 2014

Aula 8 – Tratamentos alternativos de água: experimentos demonstrativos

1. Simulação de tratamentos convencionais de água em uma ETA comum

quantidades	materiais
2	copos de bequer de 50ml ou 100ml
2/3 do bequer	água
duas espátulas	terra preta ou areia
8 gotas	hipoclorito de sódio (2% v/v – pode ser utilizada água sanitária)
6 gotas	sulfato de alumínio (7,5 g/l)
6 gotas	hidróxido de cálcio (3,0 g/l)
1	suporte de funil
1	funil de vidro para filtragem
1	papel filtro

1.1 procedimento

- produza uma solução de água e terra (ou areia) e homogenize;
- transfira uma parte para um copo de bequer completando-o com 2/3 da solução;
- adicione o hipoclorito de sódio com o objetivo de simular a etapa de pré-cloração em uma ETA;
- adicione o sulfato de alumínio que terá função de coagulante;
- adicione o hidróxido de cálcio com o objetivo de simular o ajuste de pH feito em uma ETA;
- aguarde alguns instantes observando o comportamento;
- realize o processo de filtragem da amostra + reagentes;
- reserve o filtrado para na sequência proceder a comparações com o filtrado do tratamento 2.

2. Simulação de tratamentos de água a partir de processos eletrolíticos

quantidades	materiais
2	copos de bequer de 50ml ou 100ml
2/3 do bequer	água
duas espátulas	terra preta ou areia
1	fonte de energia (bateria 9v tipo quadrada ou outra fonte disponível)
2	segmentos de fios elétricos de apx. 30cm
2	eletrodos (pregos ou pedaços de fios de cobre)
1	suporte de funil
1	funil de vidro para filtragem
1	papel filtro

2.1 procedimento

- produza uma solução de água e terra (ou areia) e homogenize;
- transfira uma parte para um copo de bequer completando-o com 2/3 da mistura;
- observe as características da amostra;
- mergulhe os eletrodos na solução cuidando para não haver contato entre os polos – e + ;
- aguarde alguns instantes observando o comportamento (resultado é obtido após apx. 40min.);
- homogenize a solução e realize o processo de filtragem da amostra + reagentes;
- reserve o filtrado para na sequência proceder a comparações com o filtrado do tratamento 1.

Aula 8 – Tratamentos de água e as alternativas possíveis.

A partir deste momento a turma será dividida em duas equipes de trabalho para o desenvolvimento das atividades seguintes. Inicialmente vocês deverão realizar a leitura do conteúdo de seu roteiro e então trabalhar com as discussões necessárias para responder aos questionamentos do final do roteiro (item 3).

1. O texto a seguir foi extraído do livro '*Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil*', produzido em 2014 pelo Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA e consiste de cópia com síntese das ideias centrais presentes no livro.

“São exemplos de contaminantes emergentes pesticidas, fármacos, hormônios, nanomateriais, produtos de higiene pessoal, plastificantes, entre outros (CANELA, 2014, p.12)”.

“em média, uma xícara de 240 mL de café contém 100 mg do composto [cafeína](CANELA, 2014, p.12)”.

“Outras fontes de cafeína são chás, refrigerantes, chocolates e energéticos (CANELA, 2014, p.12)”.

“No Brasil, uma estimativa baseada em dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2008-2009 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelou um consumo diário de cafeína de pouco mais de 115 mg por pessoa (Sartori; Silva, 2013 apud CANELA, 2014, p.12)”.

“A cafeína também pode ser encontrada em medicamentos para resfriados, alergias e em analgésicos, em concentrações na faixa de 15 a 64 mg por unidade, moderadores de apetite apresentam de 50 a 200 mg por unidade e estimulantes contêm de 100 a 200 mg por unidade (Srisuphan; Bracken, 1986 apud CANELA, 2014, p.12)”.

“o consumo de cafeína em quantidades específicas pode contribuir para a saúde tanto de seres humanos quanto de animais, como melhora no humor, no estado de alerta, desempenho físico, velocidade de processamento de informações, entre outros (Heckman et al., 2010). Contudo, o consumo elevado de cafeína pode desenvolver efeitos negativos à saúde de adultos e crianças, afetando o sono, provocando dores de cabeça, problemas cardíacos, ansiedade, náusea, entre outros (Nawrot et al., 2003 apud CANELA, 2014, p.13)”.

“Estudos indicam que o consumo de cafeína pode diminuir a fertilidade, provocar redução no ganho de massa corpórea do feto e contribuir para o aborto espontâneo (Heckman et al., 2010 apud CANELA, 2014, p.13)”.

“Apesar de raros, existem casos de mortes atribuídas à overdose de cafeína, sendo que a dose fatal não foi completamente elucidada, mas alguns pesquisadores sugerem aproximadamente 10 g por dia (Heckman et al., 2010; Holmgren et al., 2004; Kerrigan; Lindsey, 2005 apud CANELA, 2014, p.13)”.

“No Brasil, a cafeína foi encontrada no esgoto bruto do município de Campinas, SP, em níveis de mais de 290 µg L⁻¹ (Sodré et al., 2010 apud CANELA, 2014, p.13)”.

“No Brasil, a principal via de aporte não está, necessariamente, relacionada à contribuição dos efluentes de ETE, uma vez que apenas 28,5% dos municípios realiza algum tratamento do esgoto. Os demais municípios descartam esgoto bruto diretamente nos rios (IBGE, 2010 apud CANELA, 2014, p.15)”.

“Os processos convencionais de coagulação, floculação e decantação são ineficientes para a remoção total de alguns contaminantes orgânicos dissolvidos, incluindo cafeína (Ternes et al., 2002; Westerhoff et al., 2005; Kim et al., 2007). Processos oxidativos, tais como cloração, fotooxidação e ozonização são eficazes para reduzir as concentrações de várias classes de contaminantes (CANELA, 2014, p.15)”.

“Os processos de osmose reversa e nanofiltração fornecem barreiras efetivas para a separação de contaminantes, enquanto que membranas de microfiltração e ultrafiltração podem ser eficientes para uma remoção seletiva de classes de contaminantes com propriedades específicas (Snyder et al., 2007 apud CANELA, 2014, p.16)”.

“Além da cafeína, fármacos, produtos de higiene pessoal, hormônios naturais e sintéticos também têm surgido em sistemas de esgotamento sanitário (CANELA, 2014, p.17)”.

“quanto maior a concentração de cafeína, maior a probabilidade de que uma dada amostra de água apresente atividade estrogênica (CANELA, 2014, p.18)”.

2. Reportagem publicada pela revista Veja em 2012 sobre a contaminação da água de capitais brasileiras:

veja

Saúde

22 de Junho de 2012

Poluentes

Água de 15 capitais tem sinal de contaminação, diz estudo

Pesquisadores analisam a água de cidades nas cinco regiões do país e encontram um poderoso indicador dos chamados poluentes emergentes

Por Guilherme Rosa



Represa Billings: a água fornecida na cidade de São Paulo teve a maior porcentagem de cafeína, indício de contaminação por esgoto. (PROAM/Divulgação)

A água que chega às casas de moradores de 15 capitais brasileiras está contaminada com um poderoso indicador da presença de dejetos industriais, agrotóxicos e remédios: a cafeína. É o que revela uma pesquisa do Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas (INCTAA), sediado no Instituto de Química da Unicamp, feita com amostras recolhidas diretamente da rede de distribuição — a mesma água que sai de nossas torneiras e é considerada potável pela legislação atual.

A cafeína é uma das substâncias mais consumidas no mundo e presença constante no esgoto humano. Não faz — necessariamente — mal à saúde, mas, por semelhanças químicas, sua presença na água sinaliza a existência de outros contaminantes, em particular os chamados **poluentes emergentes**, resíduos cada vez mais presentes nas águas do mundo e que só agora começam a despertar a atenção dos órgãos de saneamento. Entre essas substâncias, está a fenolftaleína, que tem seu uso como laxante proibido pela Anvisa, e o triclosan, um antisséptico usado em medicamentos, cremes dentais e desodorantes. Sua proliferação em rios e reservatórios é resultado do crescimento das cidades e de novos processos industriais.

"Nós estamos bebendo água que tem resíduos de indústrias farmacêuticas, polímeros e petróleo", resume Valdinete Lins da Silva, coordenadora do Laboratório de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e participante do estudo. Além da Unicamp e da UFPE, também colaboraram pesquisadores das universidades federais do Paraná (UFPR) e Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Nem tão inofensiva assim — Os pesquisadores analisaram 49 amostras de água em 16 capitais (**confira o resultado no infográfico abaixo**). Todas

CONHEÇA A PESQUISA

Título: Cafeína na água para consumo humano distribuída no Brasil: Perspectivas de uma nova abordagem para o monitoramento de contaminantes emergentes no ambiente

Onde foi divulgada: VI Encontro Nacional de Química Ambiental

Quem fez: Wilson F. Jardim, Maria C. Canela

Instituição: Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas (INCTAA)

Dados de amostragem: Foram analisadas 49 amostras de água de 16 capitais brasileiras.

Resultado: Em 92% das amostras foi detectado cafeína. A única capital em que a substância não foi encontrada foi Fortaleza. Além da cafeína, os pesquisadores também encontraram indícios de triclosan, fenoltaleína e atrasina.

as amostras foram colhidas seguindo o mesmo procedimento: coletadas no cano de entrada das casas e enviadas à Unicamp, onde foram analisadas.

A cafeína apareceu em todas as amostras analisadas nas regiões Sul e Norte. No Sudeste, 94% das amostras tinham a substância. O Centro-Oeste apresentou 67% de contaminação, e o Nordeste, 42%. A capital que apresentou maior concentração foi São Paulo. A única cidade em que não se detectou a presença de cafeína na água foi Fortaleza.

"Nos níveis detectados, a cafeína não faz mal ao ser humano. No entanto, ela indica a presença de outros compostos emergentes que, consumidos ao longo de 40, 60 anos, podem ter efeito crônico no organismo", diz Marco Grassi, professor de química ambiental da UFPR, e integrante da equipe.

Danos à saúde — As pesquisas mais avançadas sobre os efeitos dos poluentes emergentes não foram feitas com humanos, mas outros animais. "Entre os peixes, por exemplo, temos visto maior incidência de mutações, com animais de duas cabeças e hermafroditas", diz Valdinete Lins da Silva.

Um exemplo desses compostos que já foi estudado é a atrasina, um herbicida bastante usado nas lavouras brasileiras. Ela já é controlada pelo Ministério da Saúde, mas foi encontrada na água analisada pelos pesquisadores do INCTAA. Em, 2010 a revista

Proceedings of the National Academy of Sciences publicou um estudo mostrando que a exposição à substância podia levar sapos machos a trocar de sexo. Estudos anteriores já haviam demonstrado que a substância podia aumentar a quantidade de indivíduos hermafroditas entre pássaros, peixes e ratos.

Com humanos, as pesquisas ainda estão engatinhando. Os cientistas ainda não podem bater o martelo sobre qual a quantidade segura de cada uma dessas substâncias na água. "Não se conhecem seus efeitos na saúde humana e nem sua dinâmica no ambiente. Para piorar, eles estão todos juntos na água e não sabemos qual pode ser o resultado disso", afirma Marco Grassi.

Já é conhecido, no entanto, o fato de inúmeros desses fármacos e polímeros industriais interferirem em nosso [sistema endócrino](#). Entre os compostos que mais preocupam os cientistas estão os hormônios, cuja presença na água pode afetar diretamente o desenvolvimento de nosso corpo. Pesquisas anteriores já haviam encontrado hormônios como estrona, progesterona e estradiol na água brasileira. Alguns cientistas sugerem que o consumo dessas substâncias está ligado à infertilidade masculina e ao fato de as meninas menstruarem cada vez mais cedo.

Nova legislação — Os métodos para retirar a maioria desses poluidores emergentes da água já existem. Os mais conhecidos são chamados de [processos oxidativos avançados](#), que usam substâncias químicas como a água oxigenada e o ozônio para fragmentar esses compostos em pequenas moléculas inorgânicas. No entanto, para que as estações de tratamento sejam obrigadas a usar esses métodos, é necessário que esses poluentes emergentes passem a ser regulados no país.

Contaminantes emergentes encontrados na água

Triclosan

Antisséptico presente em produtos de higiene

Possíveis riscos: Suspeita-se que o triclosan atrapalhe o funcionamento do sistema endócrino, ao alterar o metabolismo dos hormônios da tireoide. Também pode estar ligada ao surgimento de alergias.

Fenoltaleína

Indicador de acidez, usado também como laxante

Possíveis riscos: No Brasil seu uso como medicamento foi proibido pela Anvisa, pois suspeita-se que seja cancerígeno.

Atrásina

Herbicida usado em lavouras brasileiras.

Possíveis riscos: Um estudo de 2010 mostrou sua ligação com a mudança de sexo em rãs. Além disso, é conhecida por alterar o sistema endócrino e pesquisas mostraram sua ligação com o baixo nível de esperma em homens.

No Brasil, os critérios de potabilidade da água são estipulados pela portaria 2.914 do Ministério da Saúde, publicada no ano passado. A regulação, que é atualizada a cada 5 anos, estabelece diversas normas que as empresas distribuidoras de água têm de seguir, como padrões de acidez e radioatividade. Além disso, define quantidades limites de algumas substâncias, desde bactérias, como os coliformes fecais, até químicos inorgânicos como o cobre, o chumbo e o mercúrio.

Saiba mais

SISTEMA ENDÓCRINO

Sistema que reúne glândulas que secretam diversos hormônios no sangue. Regula diversos processos do corpo, o metabolismo, o crescimento e até o humor.

PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Um tratamento químico capaz de retirar impurezas orgânicas, como alguns derivados do petróleo, pesticidas e fármacos, da água. Ele se baseia na oxidação desses compostos usando água oxigenada ou ozônio. Como resultado da reação química, os poluentes ficam reduzidos a pequenas moléculas inorgânicas. Hoje em dia o processo ainda é considerado bastante caro, mas os cientistas esperam que ele fique mais barato com a adoção da tecnologia.

Na última atualização da lei, cientistas chamaram atenção para a necessidade de controlar alguns dos poluentes emergentes. "Os pesquisadores sempre insistem para que a portaria traga novos parâmetros, enquanto as distribuidoras de água puxam para o outro lado", diz a engenheira Cassilda Teixeira, presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). A portaria acabou ficando no meio do caminho: o Ministério considerou que são necessários mais estudos antes que se possam apontar quantidades limites dessas substâncias.

No início — Na Europa e nos EUA, a discussão está mais avançada. No começo do ano, a Federação Europeia das Associações Nacionais de Serviços de Água e Esgoto passou a regular a quantidade de alguns produtos farmacêuticos na água, como o hormônio etinilestradiol e o antiinflamatório diclofenaco, e defendeu novos estudos para estabelecer os limites de outras substâncias. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental também deu início a pesquisas para estipular limites legais para esses poluentes. "No Brasil, a discussão ainda está no início", diz Marco Grassi, pesquisador da UFPR.

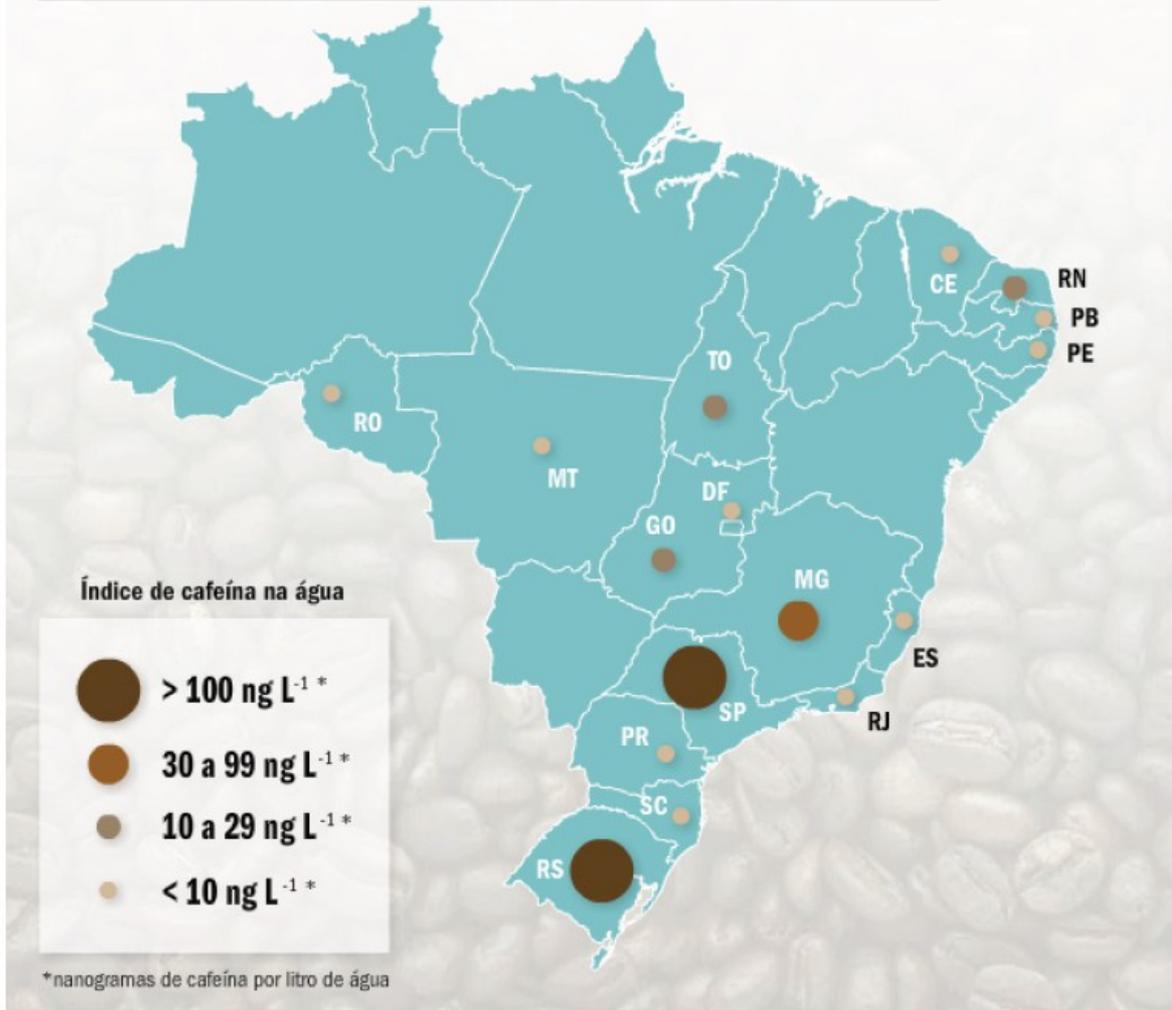
De fato, o Ministério da Saúde está começando a atentar para a questão dos poluentes emergentes. Segundo Daniela Buosi, coordenadora-geral de Vigilância e Saúde Ambiental, no ano passado a pasta lançou editais para que pesquisadores estudem melhor substâncias que ficaram de fora da portaria anterior, entre elas alguns poluentes emergentes. "Conforme o resultado, a portaria pode ser mudada a qualquer momento", diz.

Os pesquisadores do INCTAA também anunciaram que começarão uma segunda fase do estudo, em que vão analisar a água distribuída em mais capitais. Com o avanço das pesquisas, pode ser que a água potável de hoje seja considerada água suja amanhã.

Cafeína na água potável do Brasil

Os pesquisadores analisaram a quantidade de cafeína na água de 16 capitais brasileiras. Veja abaixo a concentração da substância encontrada em cada cidade.

Clique na capital para ver o que a distribuidora de água local tem a dizer sobre a pesquisa.



3. Questões para reflexão e estruturação do conhecimento:

Reunidos em suas respectivas equipes de trabalho procurem realizar discussões com os colegas e elaborar respostas aos seguintes questionamentos:

1. qual a gravidade de ser detectada a presença da cafeína na água tratada destinada ao consumo humano? Explique a resposta
2. dentre os poluentes emergentes encontrados na água e abordados nos textos, qual deles deve ser considerado mais grave? Explique por que?
3. quais tipos de consequências em geral os poluentes emergentes são capazes de provocar?
4. de que maneira os processos oxidativos avançados podem atuar no processo de saneamento da água? Explique em detalhes.
5. existem métodos para tratamento de águas mais eficientes que os atualmente em uso? Quais são eles e por que razões não são utilizados no Brasil?

REFERÊNCIAS

CANELA, M.C. *et al.* **Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil.** Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA. São Carlos: Editora Cubo, 2014. 96 p. : il. ISBN 978-85-60064-45-8; ISBN 978-85-60064-51-9 (e-book)

ROSA, G. Poluentes. VEJA. 22 jun. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/ameaca-invisivel>> acesso em: 21 nov. 2014

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 9

1. Introdução: a presente aula foi organizada com o intuito de permitir uma discussão acerca de conceitos relacionados com a produção e consumo de produtos industrializados de diferentes setores e seus respectivos potenciais de impactos ao ambiente, desenvolvendo também uma análise das características do ciclo de vida das embalagens/produtos e a destinação de seus resíduos.

2. Conteúdo Específico: produção, consumo e destinação final de produtos industrializados; ciclo de vida das embalagens/produtos; gerenciamento de resíduos.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: levar os estudantes à reflexão sobre produção, consumo e destinação final de produtos industrializados e respectivas embalagens; analisar os possíveis impactos causados por estes ao ambiente; permitir uma aproximação com os princípios da engenharia verde; interpretar aspectos do gerenciamento de resíduos.

5. Conteúdos privilegiados: aprimoramento da consciência sobre produção e consumo de produtos/embalagens industriais; engenharia verde; gerenciamento de resíduos sólidos e destinação final.

6. Orientação didática: os conteúdos produção, consumo e destinação final de produtos industriais; engenharia verde; gerenciamento de resíduos, foram tratados em uma aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987)

e o diálogo dos conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos acerca do tema central, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b**. O intuito central foi fomentar a exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: na aula anterior os estudantes foram previamente orientados para que investigassem embalagens de produtos industrializados diversos, distribuídos da seguinte forma: a) uma embalagem de produto alimentício industrializado; b) uma embalagem de produto cosmético de uso cotidiano; c) uma embalagem de produto de limpeza doméstica de uso comum. Cada estudante detendo uma embalagem de cada um dos grupos citados foi questionado, levando-o ao raciocínio sobre os seguintes pontos: **I** – como você descreveria o ciclo de vida da embalagem/produto que você trouxe? **II** – que tipos de impactos cada uma das embalagens que você trouxe poderia causar ao ambiente? **III** – quem pode ser considerado como gerador de resíduos sólidos? **IV** – descreva as etapas existentes desde a obtenção dessas embalagens até o consumidor final?

b) Discussão dialogada: após a exposição e organização das respostas aos questionamentos iniciais os estudantes receberam o roteiro '*AULA 9 – ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente*' (p.229-235), composto de tabelas sobre ciclo de vida; tabelas sobre cadeia produtiva e reciclagem de algumas matérias-primas; descrição sobre os doze princípios da engenharia verde (CARLETTO, 2009). Com tais subsídios procederam à análise de produtos e seus respectivos processos produtivos, além dos possíveis impactos ao ambiente. No decorrer da aula foram também exibidos dois vídeos, '*Avaliação de Ciclo de Vida*' (4min.) e '*Embalagens que mais poluem*' (3 min. e 43 seg.), acerca da análise do ciclo de vida e dos impactos de produtos e embalagens de bebidas e lançados questionamentos para direcionar o estudo dos materiais do roteiro. De posse deste material o professor orientou a turma e com ela discutiu características

de embalagens de plástico, alumínio e vidro, enfocando ciclo de vida; processo de produção e reciclagem; impactos ao ambiente; questões sobre resíduos sólidos; e princípios da engenharia verde. Após tais análises, orientações e discussões acerca dos conteúdos do roteiro de aula, os estudantes reunidos em equipes passaram a desenvolver a *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: sua equipe elegerá embalagens, entre aquelas tratadas em aula, para elaborar um parecer sobre as seguintes questões:

a) – Ao término desta aula qual deverá ser o destino mais adequado para a embalagem trazida por vocês de forma a evitar qualquer tipo de impacto ao ambiente? Expliquem em detalhes as razões de suas escolhas.

b) – Analisando os ciclos de vida e aspectos dos doze princípios da engenharia verde, identifique razões pelas quais você recomendaria ou impediria o uso de determinada embalagem. Justifiquem suas recomendações.

c) – Escolha uma embalagem para a qual você identificou problemas e proceda à seguinte análise: o desenvolvimento desta embalagem poderia contar com modificações em sua proposta para o benefício da sociedade? Quais as possibilidades, ou dificuldades, da sociedade interferir no sentido de que aconteçam tais modificações? Expliquem suas respostas.

7. Recursos didáticos: roteiro de aula '*AULA 9 – ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente*'; vídeos; embalagens de produtos industrializados; fichas para atividade proposta; ficha para diário de bordo.

8. Avaliação: os estudantes foram avaliados pela participação no desenvolvimento das questões da problematização inicial, pela produção apresentada durante a elaboração da atividade proposta e pela realização dos seus respectivos diários de bordo.

REFERÊNCIAS

Avaliação de Ciclo de Vida. Vídeo de divulgação BRASKEM S.A. disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HBWeH8FLzPg>> acesso em: 07 fev. 2015

CARLETTO, M.R. **Avaliação de impacto tecnológico:** reflexões fundamentos e práticas. 1ed. Curitiba: ed. UTFPR, 2011 ISBN: 978-85-7014-078-4

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

ROHRICH, S.S.; CUNHA, J.C. A proposição de uma taxonomia para análise da gestão ambiental no Brasil. **RAC**, v.8 n.4 out/dez. 2004: 81-97

VALT, R.B.G. **Análise do Ciclo de Vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais.** CURITIBA – PR. 2004. Dissertação de mestrado em Engenharia. Universidade Federal Do Paraná

VALT, R.B.G. **As embalagens que mais poluem o ambiente.** Reportagem TV Cultura. 2011. disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qo86xiqWDUE>> acesso em: 07 fev. 2015

AULA 9 – Ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados e impactos ao ambiente.

Você está recebendo um conjunto de materiais que permitirá desenvolver uma análise sobre o ciclo de vida e os possíveis impactos ao ambiente provocados por diferentes tipos de embalagens/produtos industrializados.

1. Tabela que identifica características do ciclo de vida de embalagens/produtos industrializados, permitindo a análise das fases que compõem tal ciclo desde a concepção até a destinação final das embalagens/produtos. Você deverá pensar sobre tais características enquanto analisa as suas embalagens, para assim, identificar qualidades em relação aos possíveis impactos ao ambiente decorrentes do uso dos respectivos materiais.

Tabela 1 – ciclo de vida de uma embalagem/produto

fases	características
desenho do produto	produtos como [p.ex.] os detergentes passam a ser mais concentrados, utilizando embalagens menores.
fontes de matérias-primas	utilização de recursos renováveis e fornecedores não poluentes.
produção, venda, distribuição	eficiência energética, prevenção ou redução da poluição e minimização dos resíduos.
uso do produto	reduzir impacto durante o uso do produto, com maior eficiência energética, redução no consumo da água, produtos livre de CFCs.
disposição final	preferência por materiais que possam ser reciclados ou reutilizados por meio de um mercado secundário.

FONTE: BLUMENFELD, 1991 *apud* ROHRICH; CUNHA, 2004

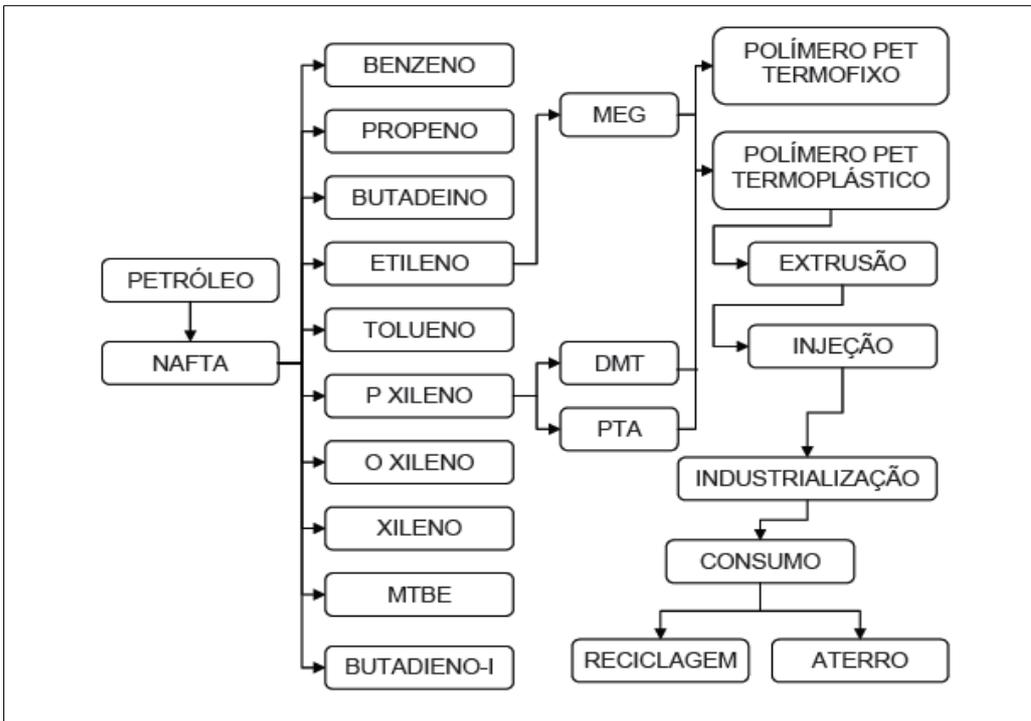
2. Tabela que complementa a primeira contendo os tempos de degradação de alguns dos materiais de mais comum emprego na confecção de embalagens para diversos tipos de produtos fabricados em diferentes tipos de indústrias. Nesta tabela constam algumas observações importantes sobre características relacionadas aos materiais e aos efeitos possíveis de se observar quando não recebem uma destinação voltada à reciclagem.

Tabela 2 – Tempo de decomposição de alguns materiais na natureza	
MATERIAIS	DEGRADAÇÃO
<p align="center">PAPEL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Papel branco - Papel misto (revista, catálogo telefônico, etc.) - Jornal - Papelão 	<p align="center">Tempo de decomposição: 1 a 3 meses</p>
<p><i>Obs.: Cada tonelada de papel reciclado evita a derrubada de 40 árvores e economiza 2,5 barris de petróleo, cerca de 100 mil litros de água e 5000 kWh de energia elétrica.</i></p>	
<p align="center">PLÁSTICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Copo descartável - Garrafa e copo de água mineral - PVC - PET (garrafa de refrigerante) - Saco plástico transparente - Isopor - Goma de mascar - Fralda descartável 	<p align="center">Tempo de decomposição: 200 a 600 anos</p>
<p><i>Obs.: As garrafas PET são uma das principais causas de enchentes. Jogadas nas ruas e em terrenos baldios, entopem bueiros e galerias. A reciclagem de uma tonelada de plástico economiza 130 kg de petróleo.</i></p>	
<p align="center">METAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lata de Alumínio 	<p align="center">Tempo de Decomposição: 100 a 500 anos</p>
<p><i>Obs.: O reaproveitamento de uma tonelada de alumínio evita a extração de 5 toneladas de bauxita, além de economizar 95% de energia elétrica. Cada lata de alumínio reciclado economiza o equivalente a uma TV ligada por 3 horas.</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Lata de Aço 	<p align="center">Tempo de Decomposição: 100 a 500 anos</p>
<p><i>Obs.: A cada 75 latas de aço recicladas evita-se a derrubada de uma árvore que se transformaria em carvão vegetal. A cada 100 latas refundidas, poupa-se energia equivalente ao consumo de uma lâmpada de 60W acesa por uma hora. A lata de aço, quando jogada acidentalmente no meio ambiente, enferruja, tornando-se óxido de ferro e voltando à natureza na forma original do minério.</i></p>	
<p align="center">VIDRO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garrafa - Copo - Pote 	<p align="center">Tempo de decomposição: 4.000 anos</p>
<p><i>Obs.: A reciclagem de uma tonelada de vidro economiza 1,3 toneladas de areia. A energia economizada com a reciclagem de uma garrafa de vidro dá para manter ligada uma lâmpada de 100W durante 4 horas. O vidro é 100% reciclável infinitamente. Todos os recipientes de vidro, mesmo os quebrados, podem ser transformados em novos produtos.</i></p>	

FONTE: IBAMA <<http://www.ibama.gov.br/setores-ibama-df/reciclagem>> (adaptação)

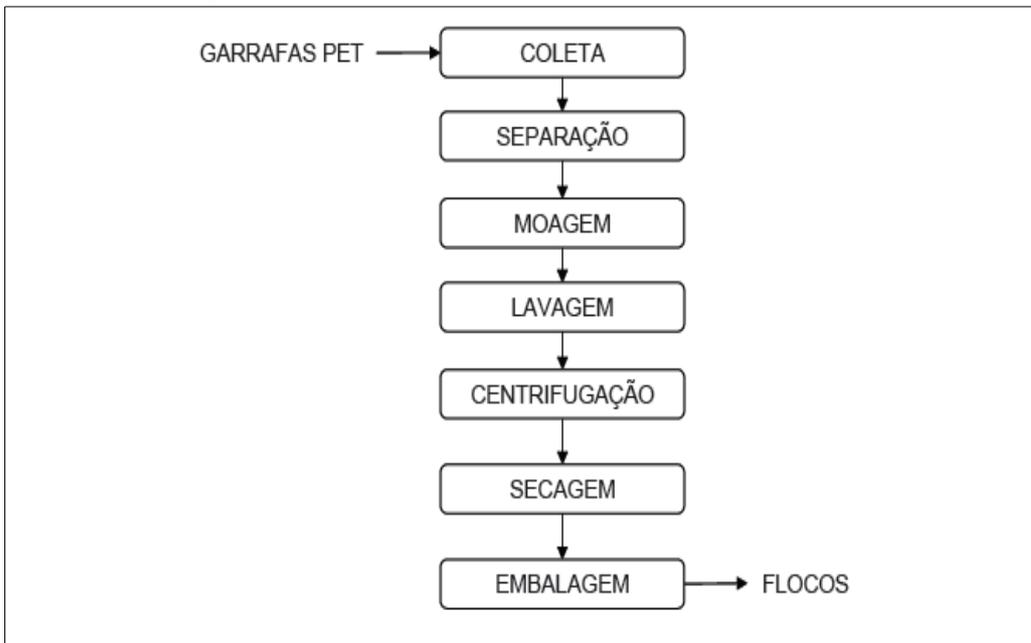
3. Agora é apresentada uma sequência de diagramas (*quadros 1 a 6*) expressando quais as etapas envolvidas na produção e na reciclagem de embalagens destinadas a comercialização de bebidas com a utilização específica dos materiais: Politereftalato de etileno – PET; alumínio; vidro.

Quadro 1 – Diagrama de PRODUÇÃO do polímero PET



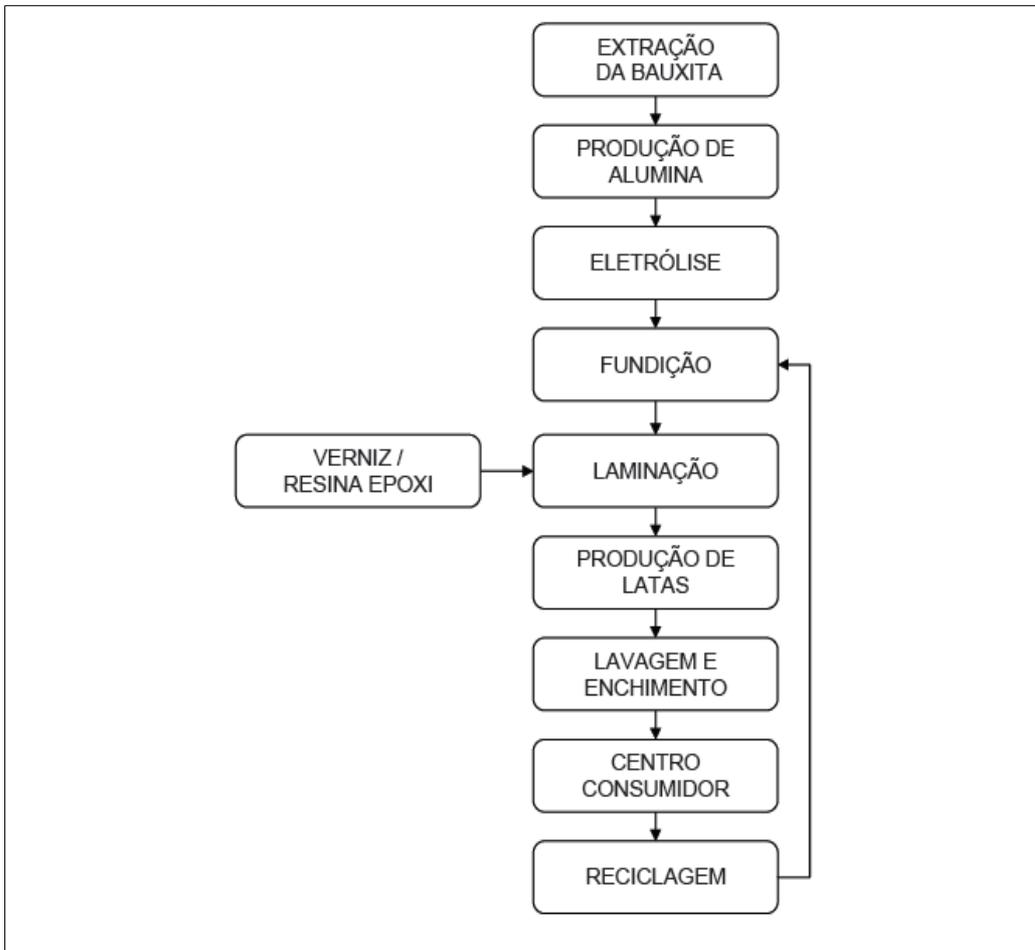
FONTE: VALT, 2001

Quadro 2 – Diagrama de RECICLAGEM do polímero PET



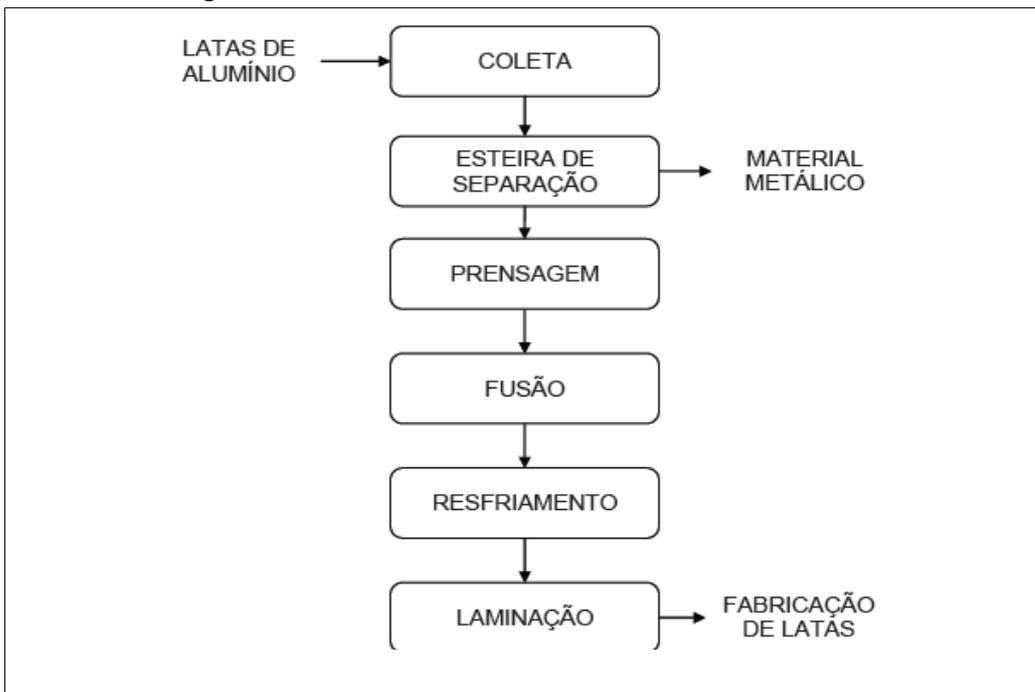
FONTE: VALT, 2001

Quadro 3 – Diagrama de PRODUÇÃO do alumínio



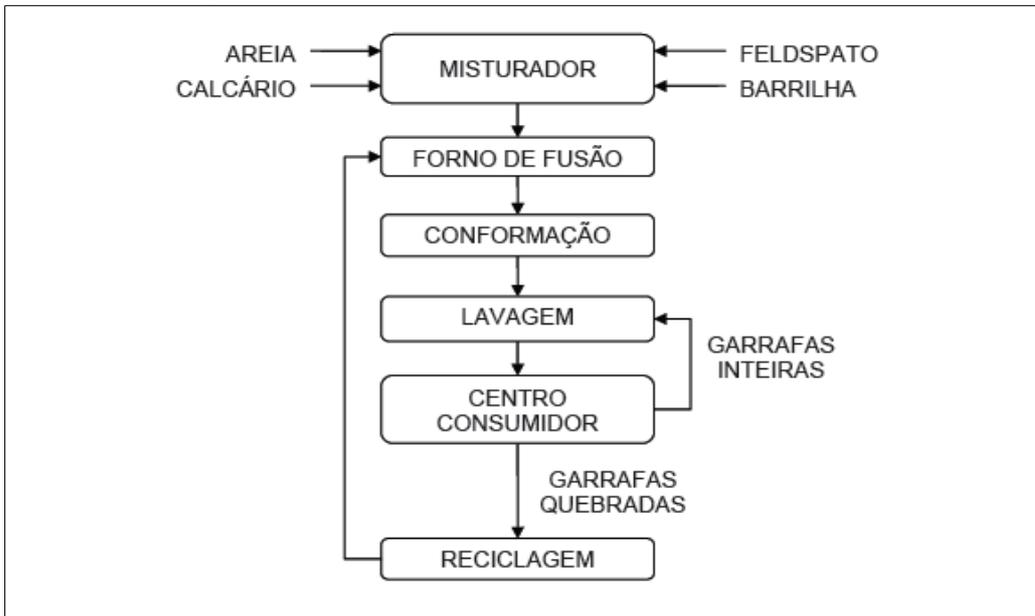
FONTE: VALT, 2001

Quadro 4 – Diagrama de RECICLAGEM do alumínio



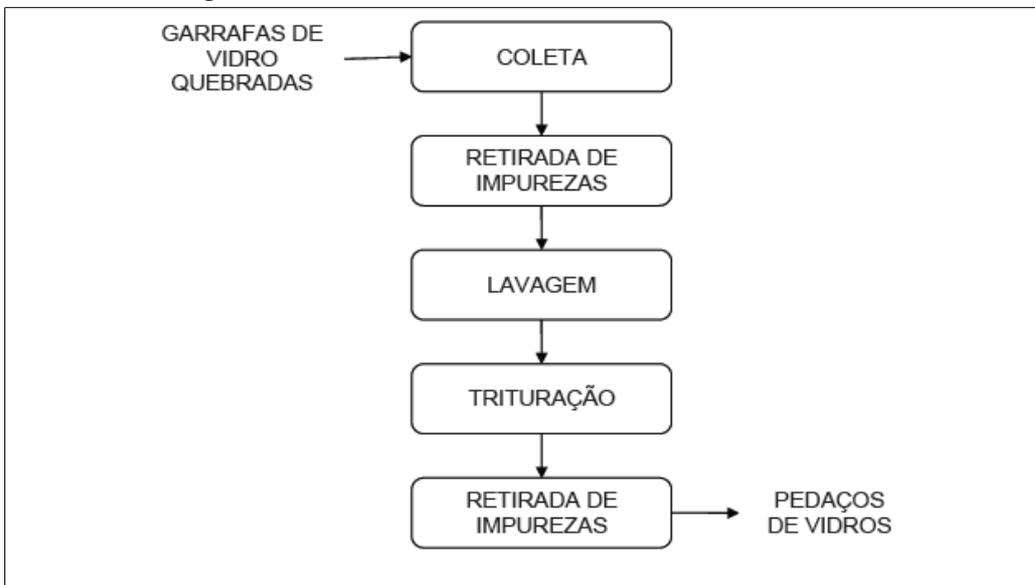
FONTE: VALT, 2001

Quadro 5 – Diagrama de PRODUÇÃO do vidro



FONTE: VALT, 2001

Quadro 6 – Diagrama de RECICLAGEM do vidro



FONTE: VALT, 2001

4. A seguir são apresentados os Doze Princípios da Engenharia Verde, que nos auxiliarão na análise das características de algumas embalagens/produtos de forma especificamente relacionada aos respectivos processos de produção. Extraídos do livro Avaliação de Impacto Tecnológico de Márcia Regina Carletto (2011), estes Princípios da Engenharia Verde são:

[...] propostos por Anastas e Zimmerman (2003), que apresentam 12 critérios para cientistas e engenheiros utilizarem quando desenvolvem novos materiais, produtos, processos e sistemas, para que sejam benignos à saúde humana e ao meio ambiente. Um projeto baseado nesses princípios, vai além da linha de qualidade da engenharia e especificações de segurança ao considerar fatores ambientais, econômicos e sociais. São eles:

Princípio 1: Assegurar que toda entrada e saída de matérias-primas e energia ofereçam o menor risco possível.;

Princípio 2: É melhor prevenir a formação de resíduos do que tratá-los e limpá-los depois de formados;

Princípio 3: Operações de separação e purificação devem ser desenvolvidas para minimizar o consumo de energia e uso dos materiais;

Princípio 4: Produtos, processos e sistemas devem ser desenvolvidos para atingir o máximo de eficiência de tempo, massa, energia e espaço;

Princípio 5: Produtos, processos e sistemas devem ser puxados para a saída (output pulled) em vez de empurrados na entrada (input pushed), mediante uso de energia e materiais;

Princípio 6: Entropia e complexidade embutidas devem ser vistas como um investimento quando se escolhe o desenho para reciclagem, reuso ou disposição benéfica;

Princípio 7: A meta do projeto deve ser a durabilidade e não a imortalidade;

Princípio 8: Projetar soluções desnecessárias de capacidade ou volume deve ser considerado uma falha;

Princípio 9: A diversidade material em produtos multicomponentes deve ser minimizada para valorizar a conservação e promover a desmontagem;

Princípio 10: Desenvolvimento de produtos, processos e sistemas devem incluir integração e interconectividade com energia disponível e fluxo de materiais;

Princípio 11: Produtos, processos e sistemas devem ser desenvolvidos para terem desempenho em uma “pós vida” comercial futura;

Princípio 12: A entrada de materiais e energia devem ser renováveis em vez de esgotáveis. (CARLETTO, 2011 pp. 169-170)

Estes doze princípios poderão ser aplicados na análise das embalagens/produtos e seus respectivos ciclos de vida como forma de identificar as dimensões dos impactos que podem causar ao ambiente.

5. Questões para orientação do estudo dos conteúdos deste roteiro:

a). quais impactos ao ambiente cada uma das embalagens ou mesmo os produtos poderão causar ao longo dos seus respectivos ciclos de vida? Explique em detalhes.

b). quais são os responsáveis envolvidos na geração dos impactos identificados no item 1? Explique sua resposta.

c). elabore um grupo de alternativas capazes de eliminar, ou ao menos minimizar, os possíveis impactos inerentes a cada um dos três produtos analisados. Justifique a escolha e importância de cada uma das alternativas definidas.

REFERÊNCIAS

CARLETTO, M.R. **Avaliação de impacto tecnológico**: reflexões fundamentos e práticas. 1ed. Curitiba: ed. UTFPR, 2011 ISBN: 978-85-7014-078-4

ROHRICH, S.S.; CUNHA, J.C. A proposição de uma taxonomia para análise da gestão ambiental no Brasil. **RAC**, v.8 n.4 out/dez. 2004: 81-97

VALT, R.B.G. **Análise do Ciclo de Vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais**. CURITIBA – PR. 2004. Dissertação de mestrado em Engenharia. Universidade Federal Do Paraná

UNIDADE DIDÁTICA

O Impacto Ambiental da Atividade Industrial em Análise Ambiental proposta de enfoque CTS no Curso Técnico em Química

Conteúdo Geral: IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

Série: 4º Ano – Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

Número de aulas: 10 aulas

Plano de Aula – 10

1. Introdução: esta aula teve o propósito de contribuir para a ampliação das ideias dos estudantes sobre suas concepções acerca da tecnologia, procurando desenvolver discussões sobre o que ela é e quais conceitos os estudantes possuem sobre a sua natureza.

2. Conteúdo Específico: concepções sobre a natureza da tecnologia.

3. Duração: 100 min. (duas aulas geminadas)

4. Objetivos: compreender a natureza da tecnologia como resultado não apenas da aplicação do conhecimento científico, mas acima de tudo como uma construção do ser humano sujeita às intencionalidades e concepções próprias da sociedade.

5. Conteúdos privilegiados: natureza da tecnologia; filosofia da tecnologia.

6. Orientação didática: os conteúdos natureza, concepções e filosofia da tecnologia foram tratados em aula estruturada de maneira a estimular a problematização (FREIRE, 1987) e o diálogo acerca dos conteúdos específicos trabalhados com os estudantes. Ao início do contato foi previsto o lançamento de questionamentos entorno do tema central, momento da *introdução do problema* descrito no item **a** abaixo. Após este momento, foi planejada a introdução de novos conhecimentos contemplando discussões e a exposição dos pontos de vista dos estudantes acerca das polêmicas envolvidas, como descrito no item **b**. O intuito central foi fomentar a

exposição de argumentos e contra-argumentos que contribuíssem com o amadurecimento das ideias. A organização dos trabalhos em sala procurou convergir para o fechamento previsto no desenvolvimento da **atividade proposta**, conforme itens subsequentes:

a) Introdução do problema: os estudantes foram esclarecidos acerca do teor das discussões a serem desenvolvidas durante a aula e convidados à exposição de opiniões sobre o tema tecnologia. Para tanto inicialmente elaboraram respostas às seguintes perguntas: **I** – como você define o que é a tecnologia? **II** – você poderia diferenciar o que é técnica do que é tecnologia? **III** – como você define a relação entre a tecnologia e o ser humano? **IV** – você considera que existem interferências sociais ou políticas na tecnologia? Discutidas tais questões, sem a exigência de que fossem concluídas, os estudantes foram colocados em contato com materiais diversos para que aprofundassem seus conhecimentos, reavaliando seus conceitos.

b) Discussão dialogada: como contribuição às discussões da sequência, os estudantes receberam materiais presentes no roteiro '*Aula 10 – analisando e filosofando sobre a tecnologia*' (p.239-243), constituído por uma entrevista acerca do desenvolvimento de armas nucleares no Brasil, sobre a qual responderam a algumas questões, receberam também uma reportagem sobre a dispensa de mão-de-obra em montadoras de automóveis do Brasil (p.244). Os estudantes contaram ainda com algumas questões para discutir e elaborar respostas em grupos. Após o trabalho com os materiais propostos os estudantes foram orientados a reavaliar suas respostas às perguntas do início da aula e estimulados ao debate para a construção da *atividade proposta*.

ATIVIDADE PROPOSTA: 1. Junte-se a um colega de turma para que possam reavaliar suas respostas aos questionamentos iniciais da aula, procurem estabelecer um diálogo no intuito de aprimorar e/ou reelaborar tais respostas.

2. Na sequência interaja com os colegas, acompanhe a discussão que o professor irá conduzir a respeito das concepções sobre tecnologia e procure expressar suas próprias concepções frente as afirmações a), b), c) abaixo. Como resultado dessas discussões procure organizar um texto em forma de 'relato sobre tecnologia' que, de

forma coerente, contenha explicações e justificativas para seus posicionamentos:

- a) – A tecnologia nunca é uma *coisa* boa ou má, isso depende apenas do uso que é feito dela!
- b) – Quanto maiores os investimentos no desenvolvimento da tecnologia, menores serão os problemas que a sociedade terá que enfrentar para que alcance seu progresso!
- c) – As decisões sobre desenvolvimento e aplicação da tecnologia não devem sofrer interferências daqueles que não tem conhecimento especializado sobre o assunto!

7. Recursos didáticos: roteiro de aula '*Aula 10 – analisando e filosofando sobre a tecnologia*', fichas para relatórios, fichas para diários de bordo.

8. Avaliação: Os estudantes foram avaliados pela participação que demonstraram nas discussões em sala, pelo conteúdo desenvolvido como resposta aos questionamentos propostos no roteiro de aula, pelo desenvolvimento da atividade proposta e pela elaboração dos relatos de experiência do desenvolvimento das aulas.

REFERÊNCIAS

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987 disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_do_oprimido.pdf> acesso em: 18 ago. 2014.

Metalúrgicos do ABC iniciam greve: protesto contra demissões. **Brasil de Fato**. 07 jan. 2015. disponível em: <<http://www.brasildefato.com.br/node/30929>> acesso em: 04 fev. 2015

ROSA L.P. Físico brasileiro rebate declarações sobre suposta bomba atômica do Brasil. **Deutsche Welle**. 14 mai. 2010. disponível em: <<http://www.dw.de/f%C3%A4sico-brasileiro-rebate-declara%C3%A7%C3%B5es-sobre-suposta-bomba-at%C3%B4mica-do-brasil/a-5568047>> acesso em: 04 fev. 2015

AULA 10 – Analisando e filosofando sobre a tecnologia.

Reprodução de entrevista com o físico e pesquisador brasileiro Luiz Pinguelli Rosa abordando a questão do desenvolvimento de armas nucleares pelo governo.

Físico brasileiro rebate declarações sobre suposta bomba atômica do Brasil.

Físico responsável por estudos que levaram a desvendar planos de testes nucleares do antigo governo militar brasileiro rebate declaração de especialista alemão de que Brasil estaria construindo bomba nuclear.



Especialista brasileiro descarta intenção de Brasil produzir bomba

Para o físico brasileiro Luiz Pinguelli Rosa, a decisão de construir a bomba nuclear não é somente um problema tecnológico, mas, sobretudo, político. Pinguelli Rosa é antigo presidente da Eletrobrás e atual diretor do Instituto Coppe, de pós-graduação e pesquisas de engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Sua pesquisa publicada em revista científica ainda no período militar levou à revelação de planos de testes nucleares dos militares no Brasil. Por esse estudo, Pinguelli recebeu uma premiação do Forum Award da Sociedade [Norte] Americana de Física.



Luiz Pinguelli Rosa

Em entrevista à **Deutsche Welle**, o físico brasileiro afirmou que o especialista alemão que declarou que o Brasil estaria construindo a bomba nuclear está mal informado e que, caso quisessem, países como a Alemanha também estariam em condições de construir uma bomba atômica.

Deutsche Welle (DW): Professor Pinguelli, suas pesquisas levaram no passado à revelação de que os militares estariam construindo um buraco na Serra do Cachimbo com vista a testes nucleares. Os militares tinham tecnologia para construir uma bomba atômica?

Luiz Pinguelli Rosa: *O problema da tecnologia para a bomba atômica não é a bomba em si, mas o material para fazê-la, ou seja, urânio muito enriquecido, a cerca de 90%, ou o plutônio, separado, depois do uso do combustível nuclear em reatores.*

Disso eles não dispunham, então havia um mistério: por que o projeto da bomba, se não era clara a cadeia que ligaria esse projeto ao material para fazê-la? Isso nunca foi esclarecido, o que havia era a preparação de um local para um teste nuclear.

Na época, tudo estava no início, ainda não havia quantidade possível de material físsil para se explodir uma bomba. Então, isso nunca se esclareceu, mas nós tínhamos certeza que havia a intenção de desenvolver um teste nuclear lá em Cachimbo, isso foi apurado.

DW – Como o governo brasileiro reagiu às suas pesquisas na época?

Luiz Pinguelli Rosa: *Inicialmente muito mal. Negou e disse que essa não era absolutamente a finalidade do local, do poço profundo de 300 metros, um poço estreito de 1,5m de diâmetro e uma profundidade muito grande. O governo disse que era para armazenamento de lixo radioativo, etc. Essa época era do governo do presidente Sarney [1985-1990], logo depois da mudança do governo dos militares para o primeiro governo civil.*

Já na época do Collor, o presidente seguinte, o governo reconheceu a existência da finalidade militar do poço e mandou fechar. Isso foi feito formalmente, o poço foi destruído e o governo se comprometeu a não usá-lo para nada.

DW – Em artigo publicado na revista Internationale Politik, um especialista alemão em questões de segurança declarou que o Brasil poderia estar construindo uma bomba atômica, fazendo alusão à não-assinatura por parte do Brasil do protocolo adicional ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear. O Brasil dispõe da tecnologia para construir uma bomba atômica? Haveria algum interesse por parte do Brasil em construir uma bomba?

Luiz Pinguelli Rosa: *A Alemanha também possui essa tecnologia. A Alemanha também poderia estar fazendo uma bomba nuclear. Ela tem toda condição para isso. E não só a Alemanha, outros países do mundo também poderiam fazer. E não estão fazendo porque há uma decisão política de não fazer.*

O Brasil também não o faz. E, mais do que isso, existem compromissos internacionais. O Brasil é signatário do Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP), que impõe uma série de regras, que são cumpridas. O Brasil é signatário do Tratado de Tlatelolco, um tratado latino-americano de não-proliferação de armas nucleares.

O Brasil tem na sua Constituição a proibição de fazer a bomba e, finalmente, criou uma agência, já faz muito tempo, com a Argentina, a Abacc, uma agência de fiscalização de instalações nucleares do Brasil e da Argentina, com a participação

da Agência Internacional de Energia Atômica.

Essas intenções indicam que o Brasil não tem o projeto de fazer uma bomba. Não vejo onde estaria esse projeto. Desde o governo Collor e depois, com o governo Fernando Henrique e o governo Lula, não vejo nenhuma decisão política de fazer a bomba, burlando todos esses compromissos. Não vejo também uma razão militar para isso. A questão dos protocolos adicionais não tem nada a ver com a questão da bomba. Eu acho que esse especialista alemão está totalmente mal informado.

DW – A assinatura do protocolo adicional ao TNP permitiria o livre acesso às instalações nucleares brasileiras. Por que o Brasil não o assinou?

Luiz Pinguelli Rosa: *Esses protocolos adicionais são pouco efetivos tecnicamente e são muito invasivos, são uma violação de soberania. E o Brasil tem se destacado na política internacional por certa independência nacional: em relação aos EUA: na posição com respeito à invasão do Iraque pelos norte-americanos, a respeito do ataque a Gaza pelos israelenses, na relação com o Irã sobre a tecnologia nuclear.*

Enfim, mesmo na América Latina, em relação às pressões norte-americanas contra o governo da Venezuela, Bolívia, Equador, o Brasil tem se colocado com uma posição independente na diplomacia.

Eu acredito que a questão dos protocolos adicionais tem um fundamento nessa independência diplomática do Brasil de não se ajoelhar perante pressões internacionais dos países mais ricos, que fazem normalmente os países em desenvolvimento seguirem suas decisões de forma unilateral.

DW – Recentemente, o ministro brasileiro de Assuntos Estratégicos, Samuel Pinheiro Guimarães, declarou à revista alemã Spiegel que o fato de o Brasil não ter assinado os protocolos adicionais teria a ver com o sigilo industrial em relação às centrífugas para o enriquecimento de urânio que o país dispõe. O que o senhor acha disso?

Luiz Pinguelli Rosa: *Isso pode ser verdade porque a centrífuga brasileira utiliza um material de desenvolvimento tecnológico próprio e já houve interesse internacional, inclusive em um campo comercial, sobre isso. Mas eu não posso concluir exatamente por que o Brasil não está exatamente assinando os protocolos, acho que se trata também de uma questão política.*

DW – O protocolo adicional ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear privilegiaria países que já dispõem da bomba?

Luiz Pinguelli Rosa: *Não só o protocolo adicional, o próprio TNP é um tratado discriminatório dos países que têm a bomba e os que não têm a bomba. Mas não se*

trata só disso. Trata-se de avançar no Tratado de Não-Proliferação no sentido do desarmamento mundial. Isso não está acontecendo. O TNP é um tratado congelado quanto às obrigações dos países desenvolvidos, dos países possuidores da bomba, que são os EUA, o Reino Unido, a França, a Rússia, a China e hoje também, embora não esteja no tratado, Paquistão, Índia, Israel, e Coreia do Norte.

Então, o que o Brasil defende é uma mudança nessa situação para que esses países armados se desarmem. Isso está contido no Parágrafo 6° do TNP na sua versão primeira, original, e nunca foi cumprido, embora alguns avanços existam hoje, como a retomada dos entendimentos entre Rússia e EUA sobre redução de mísseis, mas isso está sendo feito fora do TNP, de forma bilateral.

Então o que o Brasil defende é um avanço do TNP em direção ao desarmamento nuclear e não da criação de pequenos itens que só afetam esses países que não têm a bomba.

DW – Como o senhor vê o desenvolvimento do programa nuclear em países emergentes? Há cooperação nesse sentido, entre Brasil e China, por exemplo?

Luiz Pinguelli Rosa: *O Brasil tem cooperação com vários países, mas a cooperação na área nuclear do Brasil com a China é muito pequena. A cooperação mais importante que o Brasil tem com a China, em terrenos relativos, está na área espacial, na área de satélites, por exemplo.*

DW – E o programa nuclear iraniano? O senhor acredita que exista alguma cooperação entre Brasil e Irã nesse sentido?

Luiz Pinguelli Rosa: *Não creio que a cooperação nuclear entre o Brasil e o Irã seja muito importante, nem para o Irã nem para o Brasil. Como eu disse, trata-se mais de uma questão diplomática de apoio ao desenvolvimento do Irã, desde que o Irã tenha compromissos de não aplicar esse desenvolvimento em bombas nucleares. Acho que essa é a posição do Brasil.*

DW – A desconfiança dos europeus e do mundo ocidental em geral quanto ao programa nuclear iraniano é plausível?

Luiz Pinguelli Rosa: *Acho que os europeus estão totalmente errados. Há um perigo muito maior em relação ao Paquistão, porque o Paquistão está em uma área muito instável, como também seu governo é muito instável. E o Paquistão tem a tecnologia nuclear, tem a bomba nuclear e tem um estoque de bombas nucleares.*

Eu sou de acordo em fazer pressão sobre o Irã para que não desenvolva

bombas nucleares, mas o problema não se resume ao Irã. O Irã é apenas a ponta de um iceberg. Continua havendo uma quantidade grande de bombas nucleares no mundo, e até crescente, se levarmos em conta as bombas do Paquistão, que é um país recentemente armado.

*Entrevista: Carlos Albuquerque
Revisão: Roselaine Wandscheer*

Questões para reflexão e estruturação do conhecimento:

Agora que você leu o conteúdo da entrevista procure discutir com seus colegas e debater o assunto procurando responder às questões seguintes:

- a). você considera que é possível que, caso o Brasil desenvolvesse armas nucleares poderia fazer um uso pacífico destas?
- b). o uso da tecnologia, no caso da construção de uma bomba nuclear, por ser uma decisão muito delicada deve ficar sob encargo exclusivamente do governo e seus especialistas?
- c). você consegue identificar no texto da entrevista alguma(s) passagem(ns) em que fica claro que a tecnologia tem relação com a soberania do nosso país?

2. Na sequência você terá a sua disposição o conteúdo de uma reportagem veiculada pelo **Jornal Brasil de Fato** tratando da questão da sistemática dispensa de mão-de-obra realizada por montadoras de automóveis no país. Procure analisar o conteúdo e então pensar sobre o seguinte:

Questão para reflexão e estruturação do conhecimento:

Que relação você consegue estabelecer entre as constantes dispensas de trabalhadores na indústria que tem acontecido nos últimos tempos no Brasil, como exposto na reportagem, e as tecnologias empregadas nos diferentes processos produtivos?

BRASIL DE FATO

Uma visão popular do Brasil e do mundo

METALÚRGICOS DO ABC INICIAM GREVE: PROTESTO CONTRA DEMISSÕES



Edmilson Magalhães / Sindicato dos Metalúrgicos do ABC: *“Centenas de trabalhadores foram dispensados entre o final e início do ano nas montadoras Mercedes-Benz e na Volkswagen; Sindicato espera que empresas retomem diálogo”*
07/01/2015 – Da Redação

O ano de 2015 começou complicado para os metalúrgicos do ABC

Paulista. Após centenas de demissões, trabalhadores da Mercedes-Benz e da Volkswagen iniciaram protestos. Na Mercedes-Benz os funcionários fazem uma paralização de 24 horas. Lá, segundo o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, 244 empregados foram demitidos. Já na Volkswagen, contra a demissão de 800 metalúrgicos, os trabalhadores entraram em greve, por tempo indeterminado, após assembleia realizada na manhã de terça-feira (6).

A Mercedes-Benz informou que parte dos mais de mil funcionários que estavam de licença remunerada não tiveram o contrato renovado e foram demitidos. No total, as montadoras têm 11 mil trabalhadores na unidade do ABC. *“Aguardamos que a Mercedes retome o diálogo que conquistamos ao longo destes 30 anos da representação dos trabalhadores e que não haja retrocessos”*, afirma Aroaldo Oliveira da Silva, vice-presidente do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e trabalhador na Mercedes.

Com 13 mil funcionários, o cenário de retração na Volkswagen não era novidade, mas vinha sendo discutido com o sindicato. Em 2012, ambos firmaram acordo coletivo, com validade até 2016, prevendo questões como estabilidade e política de reajustes. No ano passado, porém, a empresa quis rever o acordo, mas a proposta foi rejeitada em assembleia pelos metalúrgicos. O sindicato reclama que a empresa, desde então, não chamou os trabalhadores para negociar e tomou uma decisão unilateral sobre as demissões.

APÊNDICE 6 – DIÁRIOS DE BORDO; QUESTIONÁRIOS; ATIVIDADES

DIÁRIO DE BORDO 1

8

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 1 – Histórico ambiental: acidentes envolvendo a poluição hídrica e atmosférica.

Nome:

Turma: 4ºTQ

Aula: 1 Data: 25/03/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

A aula foi muito interessante, pois nós debatemos sobre o aquecimento global, seus efeitos e causas, e pudemos adquirir mais conhecimento sobre o assunto.



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - FEMD

ALUNO:

4º TQA

PROFESSOR: Glauco

DATA: 24/04/2015

DISCIPLINA: Análise ambiental

VALOR	NOTA

Diário de bordo - Aula 1 - Aquecimento global - Efeito Estufa

A aula em questão, teve como tema o aquecimento global e seus riscos para o meio-ambiente do planeta. Nesta, houve discussões a respeito das causas do aquecimento global pois não há comprovação certa de que esse fenômeno ocorre devido a ação humana.

Observamos os fenômenos posteriores causados pelo aquecimento global que são: o efeito estufa, o derretimento das calotas polares, o aumento do nível do mar, a acidificação das águas e a alta concentração de CO₂ encontrada no ar atmosférico.

Portanto, independente das causas desses efeitos, eles são extremamente danosos ao planeta e à vida humana. Especialistas dizem que se continuarmos emitindo gases dessa maneira, o planeta terra começará a ficar INABITÁVEL a partir de 2045!

*O tema tratado influenciou veemente na minha opinião sobre a vida. ☺

DIÁRIO DE BORDO 1

8

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 1 – Histórico ambiental: acidentes envolvendo a poluição hídrica e atmosférica.

Nome _____

Turma: 4ºTQ

Aula: 1 Data: 05/03/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Foi uma aula muito boa, com uma abordagem grande pois mostrou que há muitas empresas que não fazem o descarte correto dos seus resíduos. Mas foi uma aula que fez eu compreender pela forma com que ela foi dada o debate entre alunos. Mostrando também que ser de um químico exige um grande cuidado para tomar o controle sobre este assunto.

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 2 – Ar – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências.

Nome: _____

Turma: 4ºTQ

Aula: 2 Data: ___/___/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Colaborou para a aprendizagem sobre o gás ozônio, sendo explicado como ele é formado e em qual camada atmosférica ele se encontra. Porém a aula anterior foi mais divertida e menos maçante, pois o professor apresentou uma experiência laboratorial.

DIÁRIO DE BORDO 2

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 2 – Ar – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências.

Nome: _____

Turma: 4ºTQ

Aula: 2 Data: 07/04/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

A aula em questão foi de extrema importância, pois foi discutido um assunto bastante relevante e que é consideravelmente presente em nossa vida. A poluição, que está aumentando exponencialmente pelo mundo, além de prejudicar ao ar que respiramos, também pode trazer consequências catastróficas para o mundo em que vivemos. Desde o aquecimento do ar até a perda de flora, no mundo, os efeitos da emissão exacerbada de poluentes já estão sendo notados e a cada dia que passamos sem fazer nada a respeito disso, menor um dia teremos para agir. É de fundamental importância regulamentar a emissão de gases e efluentes poluentes para que o resto de vida que ainda há em nosso planeta dure mais.

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 2 – Ar – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências.

Nome:

Assinatura: 4ºTQ

Aula: 2 Data: ___/___/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Essa aula foi importante para ~~destacar~~ explicar o efeito estufa e como acontece.

Nessa aula no laboratório foi extremamente importante, pois o professor simulou uma estufa e assim podemos entender como ocorre o aquecimento global.

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 2 – Ar – Efeito Estufa, radiações solares e suas consequências.

Nome:

Turma: 4ºTQ

Aula: 2 Data: 01/04/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

- Aula ótima, levantando os principais pontos e abordando
 temas sobre aquecimento global e efeitos estufa
 - Boa explicação de a variação de temperatura
 - Boa interação em grupo e debate sobre o assunto



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO:

SÉRIE/TURMA

4º TQA

PROFESSOR: Glauco

DATA: 24/04/2015

DISCIPLINA: Análise ambiental

VALOR

NOTA

Diário de bordo - Aula 3 - Camada de ozônio

Nessa aula tratamos um assunto cujo qual é bastante comen-
tado, porém pouco conhecido. A camada de ozônio fica na
troposfera de 5 a 15 km de altura. Discutimos a respeito da
camada de ozônio em relação à poluição atual e suas
consequências para a vida.

A aula foi bastante expressiva pois me fez ver o que
realmente ouzuga a poluição mesmo em uma camada tão
distantes de nós, porém após a aula esqueci de tudo pois
estava com muito sono, mas no início dessa semana
já comeci a dormir melhor durante a noite e estou
muito mais disposto durante o dia, pois eu num posso
tratar meu futuro com a mesma importância do que
dormir.

Contudo, essa aula me fez não só conhecer sobre
a camada de ozônio, mas sim sobre como ficar
mais disposto durante o dia para que o dia e
o tempo de uma ação útil seja melhor aproveitado
no período correto.

"Quando a última árvore for cortada, o último rio for poluído e
o último peixe for pescado, todos irão ver que dinheiro não dá
pra comer"
(Greenpeace)

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 4 – efeito estufa; interferência humana; aquecimento global; teorias e conhecimentos científicos

Nome: _____ Turma: 4ºTQ

Aula: 4 Data: 24/04/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Na aula 4 foi apresentado um documento que aponta os contra-pontos da teoria do efeito estufa. E esta apresentação foi muito esclarecedora por demonstrar as falhas e influências que uma teoria e/ou método científico podem apresentar. Assim como a confiabilidade da ciência. Pois as verdades científicas também devem ser questionadas, se não ~~se~~ tornam-se dogmáticas e assim não contribuem com a evolução, tanto humana, quanto científica.

DB-16
DIÁRIO DE BORDO 5

6

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 5 – Água – Águas comerciais e águas de redes de abastecimento.

Nome:

Turma: 4ºTQ

Aula: 05 Data: 02/10/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

O tema "Águas comerciais e águas de rede de abastecimento" foi muito abrangente, pois para mim, não eram conhecidas as tabelas das instituições com os valores de cada substância.

O experimento feito foi muito bom e a aula interessante.

DB - 17

DIÁRIO DE BORDO 5

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 5 – Água – Águas comerciais e águas de redes de abastecimento.

Nome:

_ Turma: 4ºTQ

Aula: 5 Data: / / 2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Na última aula realizamos uma análise sobre as águas comerciais e águas de rede de abastecimento. Nós alunos podemos complementar as formas de distribuições de águas foi feito exercícios que ilustraram e nos deram um ponto de vista diferente em relação a esse assunto. Com esse estudo podemos aprofundar nosso conhecimento e desenvolver um senso crítico em relação a esse assunto.

DB-19

DIÁRIO DE BORDO 5

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 5 – Água – Águas comerciais e águas de redes de abastecimento.

Nome:

Turma: 4ºTQ

Aula: 05 Data: 01 / /2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

A aula teve um cunho prático com intuito teórico, onde as águas para experimentação agregou muito bem ao assunto tratado em aula.

As águas que foram trazidas não demonstraram diferenças, mas através do gosto e do odor, foi possível identificar a proveniência de cada amostra de água.

Após a identificação de cada amostra de água, foi explicado as razões das diferenças entre cada água. A origem delas e algum tratamento de filtragem posterior altera consideravelmente a qualidade da água.

DB-20

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA__ – Tema: Água MineralNome _____ Turma: 4ºTQAula: 06 Data: 08/10/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

A aula tratou de um assunto bastante importante e intrigante, que é as diferenças entre a água mineral e a água de torneira.

Foi visto que águas provenientes do subsolo também são suscetíveis a contaminação e que por ser uma água mineral não está isenta de metais pesados, matéria orgânica e nem de contaminantes modernos.

Na aula, houve uma ampla discussão a cerca deste assunto, onde foram vistos vários pontos de vista a respeito deste tema.

No geral, a aula contribuiu para meu maior entendimento relacionado a qualidade da água, tanto proveniente de fontes minerais quanto das usinas de abastecimento.

DB-21

79

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 6 – Tema: "Dá para beber essa água?"

Nome _____ Turma: 4ºTQ

Aula: 6 Data: 08/10/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

As informações que obtive durante essa aula foram muito interessantes pois não tinha conhecimento do saneamento básico atual, dos problemas que existem no tratamento e das soluções que outros países adotam para melhorar nesses processos (de saneamento). (Pois) Assim como pude perceber os malefícios que os metais reagentes desses saneamentos podem causar. E recebi informações sobre os agentes poluidores que são tratados e também os que não são tratados.

Outro ponto a se destacar foi o engarrafamento em plásticos que reagem com o tempo, produzindo substâncias tóxicas para o organismo, informação que antes (era de meu) não era de meu conhecimento. (Pois) E isso é importantíssimo (para) observar, pois o consumo de água engarrafada em plásticos (é) é diário em nosso cotidiano.

DB-22

79

APÊNDICE 6 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 6 – Tema: _____

Nome _____ Turma: 4ºTQ

Aula: 6 Data: 09 / 10 / 2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

A aula foi boa porque teve trabalhos em equipe e discussões entre os alunos mas os textos usados não muito interessantes

Blank lined area for student response.

DB-24

79

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 7 – Tema: Tratamento de esgoto.

Nome:

Turma: **4ºTQ**Aula: 7 Data: 15/10/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Na aula, foram realizados exercícios que aumentaram consideravelmente a concepção a respeito de análises de água e da qualidade que a água deve conter tanto para consumo, quanto também para retornar em um corpo hídrico.

Foi visto métodos de tratamento de águas e efluentes, os reagentes e as bombas que servem para este tratamento. Também conheci as áreas das análises físico-químicas e microbiológicas necessárias para sempre saber a boa qualidade da água.

Também a apresentação de situações problemas onde a presença de determinados elementos na água teve que ser explicada e justificada visando suas causas.

Do fim pode-se ver que o assunto tratado em aula é de extrema relevância, já que todos nós consumimos água e necessitamos que ela possua qualidade satisfatória.

DB-27

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 8 – Tema: Tratamentos de água e as alternativas possíveis.

Nome _____ Turma: 4ºTQ

Aula: 8 Data: 05/11/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

~~Esta~~ AULA FOI MUITO INTERESSANTE POR TER OCORRIDO UM DEBATE, ONDE DIVIDIDOS A SALA EM DOIS GRUPOS PARA DEFENDER, ATRAVÉS DE ARGUMENTOS, ~~(TIPOS)~~ ALTERNATIVAS ~~(PARA)~~ DE SANEAMENTO BÁSICO. E NO DECORRER SURTIRAM MUITOS PROBLEMAS E SOLUÇÕES DO MESMO TEMPO PARA MELHORA DO TRATAMENTO DE ÁGUA.

OUTRO PONTO, QUE NÃO ERA DE MEU CONHECIMENTO ^{FORAM} ~~(E)~~ TRATAMENTOS DE ÁGUA QUE SERIAM MAIS EFICAZES, NESSE QUE TENHAM MAIOR USO BENEFÍCIO. ASSIM COM TER OBSERVADO UMA EXPERIÊNCIA COMPARANDO O TRATAMENTO (EM BAIXA ESCALA) ~~(E)~~ A PARTIR DA ~~(HIDRÓLISE)~~ ELETRÓLISE E DA ATUAL FORMA DE SANEAMENTO (SUFLADO DE PRATA, CLORAGEM E ETC). É PODERMOS VER UM TRATAMENTO QUÍMICO E UM FÍSICO COM EFEITOS SEMELHANTES, PORÉM, COM SEUS PRÓS E CONTRAS.

DB-28

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA__ – Tema: Tratamentos de água e as alternativas.

Nome:

Turma: 4ºTQ

Aula: 08 Data: 30/10/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Na aula, foram elaborados argumentos de defesa para duas equipes, sendo que uma defendeu o tratamento químico da água e a outra equipe defendeu o tratamento físico da água, utilizando filtros, hidrólise, etc; Após a elaboração de argumentos contrários e favoráveis há ambos os métodos de tratamentos, foi realizado um debate, para ao fim definir quais métodos são mais viáveis para serem utilizados, observando aspectos como o cenário econômico atual e a longo prazo, qualidade da água tratada ao fim do processo, utilização de reagentes e recursos, entre outros.

A aula, foi de uma considerável importância, pois pôde-se ver as alternativas de tratamentos de água, sem utilizar reagentes químicos possivelmente danosos à saúde humana.

DB-29
DIÁRIO DE BORDO

DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

Aula 8 – Tratamentos de água e as alternativas possíveis

Nome: _____ turma: 4ºTQ

Aula: 8 Data: ___/___/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos com uma análise crítica, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes.

Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

NESTA AULA FOI ABORDADO O TRATAMENTO DE ÁGUA E AS ALTERNATIVAS POSSÍVEIS, A AULA FOI PRODUTIVA, COM O AUXÍLIO DE UMA AULA PRÁTICA COMO O PROFESSOR GLAUCO, AFIM DE FIXAR OS CONCEITOS DE UMA FORMA VISUAL E PRÁTICA.

ATRAVÉS DESTA AULA, PODEMOS COMPREENDER QUE NEM SEMPRE O TRATAMENTO MAIS BARATO É O MELHOR PARA NÓS, PORQUE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS PODEM SER NOÇIVAS A NATUREZA ATRAVÉS DESSOS ESTUDOS PODEMOS APRENDER TUDO.



DB-31

79

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA 10 – Tema: Análise de textos sobre a tecnologia.

Nome:

Turma: **4ºTQ**Aula: 10 Data: 12/11/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

a aula foi bem clara e extensa por causa de análises e discussões sobre a tecnologia.

DB-32

79

APÊNDICE 2 – DIÁRIO DE BORDO DO ESTUDANTE

AULA__ – Tema: Trabalhando sobre a tecnologia.

Nome:

urma: 4ºTQ

Aula: 10 Data: 12/11/2015

A partir de suas anotações e observações sobre esta aula, produza um texto dissertando sobre as suas impressões. Em seu texto procure relatar os fatos ocorridos durante a aula, as discussões realizadas sobre o conteúdo, as dúvidas que você tinha e que foram ou não foram sanadas com a aula, se houve mudanças nas suas concepções sobre o assunto trabalhado, destacando os aspectos positivos e negativos que você percebeu na referida aula. Procure apresentar suas ideias com clareza, descrevendo a aula com o máximo de detalhes. Esta atividade deverá ser entregue na próxima aula.

Essa aula mostra muito respeito
sobre a tecnologia e o ser humano, e como
isso influencia, pois hoje até para bebermos água
dependemos desta tecnologia para trata da água.
Mas para haver essa tecnologia dependemos
de técnicos (homens) para criar coisas e por
em prática através dos estudos e comprovação
científica, transformando em tecnologia quando
é colocada em prática, como celulares, compu-
ter, geladeiras, e hoje sempre estão se renovando
e ficando melhor e isso é a tecnologia.



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO:

TURMA 4:70

PROFESSOR: GLAUCODATA: 17/11/15DISCIPLINA: Análise Ambientais

VALOR	NOTA

QUESTIONÁRIO FINAL

- 1) Durante as aulas do primeiro bimestre, por não estar acostumado com o método das aulas, achei muito massante o conteúdo, um grande cansativo. Mas ao se acostumar com as aulas foi tranquilo.
- 2) Recebemos diversas informações que ampliam nossa visão pois durante as aulas, o conteúdo trazido, sempre tinha diversas pontas de vistas, desde o senso comum, ao científico, (ao) à "consciência" científica.
- 3) ~~Sim~~ Talvez as aulas deveriam ser menos extensas e um pouco mais interativas para que discussões pudessem ser levantadas tornando as aulas menos cansativas.
- 4) Sim, a atividade industrial prejudica nossa saúde e o meio ambiente ao mesmo tempo. Ainda mais que a maioria dos processos industriais tem enfoque na lucratividade e não na sustentabilidade.
- 5) Sim, seria muito importante para o desenvolvimento humano estar consciente dos processos de produção pois isso diminuiria a "mãe-valia" assim como poderíamos tornar o processo industrial mais sustentável e firmando o enfoque da lucratividade ~~(ao)~~ visado pelos empresários, e dando desses processos de produção.
- 6) Não, um tem relação com o outro, porém o efeito estufa é um fenômeno natural, já o aquecimento global é o aceleramento do efeito estufa devido a atividade humana (porém existem teorias que descrevem o contrário).
- 7) O ozônio ~~(ao)~~ ~~(em)~~ em altas altitudes é benéfico, já em baixa altitude não. Pois não é gás tônico, ou seja, é inerente.
- 8) Sim, muitas influências, porque a investigação científica necessita de recursos financeiros por tanto há um interesse empresarial/político para que ocorra o investimento e por consequência uma evolução científica.
- 9) Não, há uma tremenda intervenção político/econômica, pois nosso crescimento é definido devido a viabilidade econômica e não em relação a um parâmetro de qualidade, que as vezes é mais caro.
- 10) Discreto, pois ao mesmo tempo que há evolução para manter a saúde há evolução ~~(para manter)~~ por parte das doenças.
- 11) Sim. Os poluentes emergentes só tem aumentado e não tem ~~(muitos)~~ parâmetros suficientes para o tratamento e tais poluentes.
- 12) Sim, a maioria dos produtos não sustentáveis, nem sequer tem embalagens reaproveitáveis.
- 13) Sim, em tudo podemos observar, os celulares ocupam o tempo dos cidadãos, há internet em toda parte, as produções industriais estão cada vez mais massivas e automatizadas. O mercado para ingressor no mercado de trabalho necessitam de um conhecimento de informática e conhecimento cada vez mais técnicos.
- 14) Sim, países com maior desenvolvimento tecnológico dominam o mercado, os preços dos produtos e assim como os empregos em países em desenvolvimento.



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO:

RIE/TURMA: 4^o TO

PROFESSOR: GLAUCO

DATA:

DISCIPLINA: ANÁLISE AMBIENTAL

VALOR	NOTA

QUESTIONÁRIO FINAL

- 1) É A QUANTIDADE DE CONTEÚDO, SÃO 10 TEMAS E A CADA UM SÃO MUITOS EXERCÍCIOS PORÉM FEITO ISSO TORNA ESSE EXERCÍCIO CANSATIVO.
- 2) UM DOS PRINCIPAIS ASPECTOS POSITIVOS, É O CONHECIMENTO ADQUIRIDO COM OS EXERCÍCIOS E DISCUSSÕES.
- 3) PELA FATO DE ESTARMOS NO 4^o ANO, É UM ANO DE MUITAS DECISÕES E ESCOLHAS PROFISSIONAL E SOCIAL. ESSA ATIVIDADE SERIA MELHOR REALIZADO, SE FOSSE NO TERCEIRO ANO.
- 4) COM CUIDADO, POIS TAIS ATIVIDADES INDUSTRIAIS NECESSITAM DE MATÉRIA PRIMA E DA EXPLOTAÇÃO DO TRABALHO HUMANO, COMO POR EXEMPLO A INDÚSTRIA DE CIL, FÁBRICAS DE EXTRAÇÃO DA ROCHA.
- 5) ESSE PROCESSO AMBIENTAIS SÃO IMPORTANTE PARA A PRODUÇÃO PURA E OS PROCESSOS QUE SÃO USADOS TEM CONTRIBUIÇÃO DE CADA E TAMBÉM DA TECNOLOGIA EM GERAL. PORÉM ESSES PROCESSOS ACABAM SE TORCENDO A CADA DIA A NATUREZA.
- 6) NÃO PODEREM SER DESCRITOS COMO UMA CRISE SÓ, PORQUE UM É O EFEITO DO OUTRO. ATRAVÉS DA PRÁTICA ENTÃO OCORRE O AQUECIMENTO GLOBAL.
- 7) A EXISTÊNCIA DO O₃ NA ATMOSFERA NÃO SÃO BENEFÍCIAS POIS O NÍVEL DE BAIXA NÍVEL, DIFICULTANDO A RESPIRAÇÃO DOS SERES VIVOS.
- 8) SIM, POIS ÀS VEZES A SOCIEDADE TEM A DIFERENÇA SOBRE ALGUMAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS.
- 9) NÃO, POIS EXISTEM TRATAMENTOS DE ÁGUA QUE SÃO MAIS BARATOS E NÃO SÃO O MELHOR PARA A POPULAÇÃO COMO A UTILIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIA DE ALUMÍNIO.
- 10) A TECNOLOGIA E ESTA SE DESENVOLVENDO MUITO NOS ÚLTIMOS TEMPO, APÓS, ELAS ELAS ESTÃO CRIANDO FORMAS DE TRATAR AS DOENÇAS QUE JÁ MESMO TORCERAM AS PESSOAS.
- 11) OS POLUENTES AMBIENTAIS SÃO EXTRAMENTE NOCIOSOS AOS SERES VIVOS COMO POR EXEMPLO O USO DE FERTILIZANTE EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS SÃO CANCERÍGENOS E DEVEM SER SUBSTITUÍDAS.
- 12) ANTIGAMENTE NÃO, MAS HOJE EM DIA É UM PROCESSO CONSUMIR PRODUTOS QUE POSSUAM EMBALAGENS RECICLÁVEIS PARA QUE TENHA O DEVIDO TRATAMENTO ADQUIRIDO.
- 13) SIM, AS TECNOLOGIAS MUITO ÀS VEZES TEM A FUNÇÃO DE NÃO AUXILIAR NO TRATAMENTO DE DOENÇAS E PRODUÇÃO DE ALIMENTO E TAMBÉM ELETRÔNICOS E ELETRÔNICOS, MAS TUDO ISSO TEM UM PREÇO, A PERGUNTA É SE ESTAMOS DISPOSTO A PAGAR.
- 14) SIM, QUANDO UM PAÍS É BEM DESENVOLVIDO POSSUI MELHORES TECNOLOGIAS, QUE OS AJUDAM A CUIDAR E TÃO CONFORTO A SUA POPULAÇÃO.



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO:

TURMA: 4101A

PROFESSOR: Glus Tindade

DATA: 17/11/15

DISCIPLINA: Análise Ambiental

VALOR	NOTA

- ① Documentários muito longos acaba deixando com sono
- Artigos, documentos muito grande acaba sendo desnecessário, o material de consulta não precisa ser muito complexo
- ② - aulas práticas: ajudam a entender melhor o conteúdo e ser trabalhado
- aulas diferenciadas, por exemplo: depuração da água, termo a aula um pouco mais interessante.
- ③ diminuir o número de questões e fazer os alunos discutirem mais e trabalhar em equipe.
- ④ A produção Industrial pode ter alguns impactos ambientais e socioambientais, como uma estufa verde - a ser desmatada os efluentes não tratados jogados na água afetando a biodiversidade e o ser humano.
Alguns impactos podem ser benéficos (~~para o meio ambiente~~) como: a geração de empregos
- ⑤ Todo na empresa tem que ter seu papel e saber como é a produção da empresa. Sabendo qual o produto feito, tem uma pequena responsabilidade de sua importância dentro do processo produtivo, assim não se torna um trabalho alienante.
- ⑥ Não o efeito estufa acontece quando os raios solares entram no terra e ficam no campo de ações e voltam para a terra.
O aquecimento global é quando a muito emissão de CO₂ que ~~causa o efeito estufa~~ ~~causa o aquecimento~~ é feito pelo homem (proporção)
- ⑦ Os raios presentes na atmosfera serve para repletar os raios UV causadores de câncer
- ⑧
- ⑨ Sim, a tecnologia empregada na saúde garante o bem estar da população como por exemplo, marcar entrevistas com médicos pelo celular e/ou computador assim não precisa ir todos os dias no posto médico, enfrentar filas por uma consulta.
- ⑩ um abrandamento do produto é feito e seus efluentes e dejetos não devem ser liberar no ambiente, antes disso tem que ser tratado.
- ⑪ Como foi falado a tecnologia é benéfica para a saúde, mas pode ser ruim como a Bomba atômica e armas feitas para defesa do país.
- ⑫ a soberania contribui para o desenvolvimento tecnológico, um país pouco importante no continente tem pouco influência e desenvolvimento tecnol.



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO(A): _____ Nº _____ SÉRIE/TURMA _____

PROFESSOR: Glauco

DATA: 19/11/15

DISCIPLINA: Análises Ambientais

VALOR	NOTA

- 1) As aulas tinham conteúdos massantes mas ainda sim com um teor informativo excelente.
- 2) Sim, e acredito que abrangido o tema com perfeição.
- 3) Interessante pois torna o aluno capaz de opinar sobre o método didático de forma que o método possa ser aprimorado.
- 4) Sim, as aulas rendiam e eram dinâmicas. Com, cada aula trazia novas informações com uma sequência linear de modo a cada vez se aprofundar mais, porém eram massantes. (e uma aula)
- 5) Facilitou, tornou o conteúdo dinâmico e de fácil assimilação.
- 6) ~~Sim~~ Tornar as aulas mais interativas com menos textos e com maior levantamento de questões para discussão tornaria menos massante.
- 7) 7,0. Porque meu interesse e participação era instável, porém quando participava levantava questionamentos relevantes.
- 8) ~~Sim~~ Ajuda, por exemplo houve um debate entre dois grupos com argumentos pros e contras em relação ao tratamento sanitário atual e acredito que isso contribuiu com o aprendizado coletivo.
- 9)



COLÉGIO ESTADUAL PROFESSOR LOUREIRO FERNANDES - EFMP

ALUNO:

TURMA 4^o TQA

PROFESSOR: Glauco Trindade

DATA: 19/11/2015

DISCIPLINA: Análise Ambiental

VALOR	NOTA

Questionário de Avaliações

1) Aspectos positivos: aprender sobre variados temas ambientais acrescentando conhecimentos sobre assuntos de senso comum ou científicos e aprendendo novos assuntos nunca estudados antes também.

Aspectos negativos: Pelo acontecimento de greve durante o ano letivo, foram decididos no colégio a duplicação de aulas e isso tornou muito exaustivas as aulas.

2) Acredito que a maioria dos assuntos relacionados ao tema Impacto Ambiental da Atividade Industrial, foram abordados com clareza. Se algo não foi visto este ano, foi abordado em anos anteriores com outros professores também.

3) Interessante, pois nós alunos tivemos a oportunidade de escrever de forma livre sobre o que aprendemos do tema diário e nossas opiniões sobre as aulas.

4) Sim, as outras matérias são menos interativas. A interatividade é uma vantagem das aulas de Análise Ambiental.

5) Facilitou completamente, pois foram aulas objetivas e claras com possibilidades de debates construtivos.

6) Acredito que a forma como os temas foram abordados, foi abrangente e suficientemente desenvolvidos.

7) Atribuiria 6, pois por problemas de saúde faltei alguns dias perdendo desta forma conteúdos, e também tive um desempenho mediano por ser ano de vestibular, cursinho, trabalho e estar exausta, mas sempre achei interessante debater em sala e também conscientizar sobre problemas ambientais.

8) O desenvolvimento de trabalhos em equipe ajuda, pois há trocas de opiniões, informações e conhecimento sobre o assunto. Acredito que minha participação contribuiu sim.

9) Sim, esses assuntos estão completamente interligados e as atividades desenvolvidas contribuíram para o entendimento dessas ligações.

ATIVIDADE DE POSTA 10

9

2. Na sequência interaja com os colegas, acompanhe a discussão que o professor irá conduzir a respeito das concepções sobre tecnologia e procure expressar suas próprias concepções frente as afirmações a), b), c) abaixo.

Como resultado dessas discussões procure organizar um texto em forma de 'relato sobre tecnologia' que, de forma muito clara, contenha explicações e justificativas para seus posicionamentos:

- a). – A tecnologia nunca é uma coisa boa ou má, isso depende apenas do uso que é feito dela!
- b). – Quanto maiores os investimentos no desenvolvimento da tecnologia menores serão os problemas que a sociedade terá que enfrentar para o seu progresso!
- c). – As decisões sobre desenvolvimento e aplicação da tecnologia não devem sofrer interferências daqueles que não tem conhecimento especializado sobre o assunto!

RELATO SOBRE TECNOLOGIA

A tecnologia é por si só que fazemos de sua utilização. Pode ser boa, como aparelhos que melhoram vidas e melhor ainda como bombas e armas. Tudo é questão de ponto de vista. É como todo tipo de desenvolvimento, a tecnologia também necessita de investimentos para que seja possível seu efetivo progresso. É quanto mais investimento, melhor será a tecnologia, já que com melhores formas e materiais, a tecnologia se torna mais efetiva e rápida, além da velocidade do progresso, já que quanto mais pessoas e pesquisas houverem sobre tal tecnologia, mais rápido e eficiente será seu desenvolvimento, produção e melhor será sua utilização e com isso maior será sua empregabilidade.

ATIVIDADE PROPOSTA 10

2. Na sequência interaja com os colegas, acompanhe a discussão que o professor irá conduzir a respeito das concepções sobre tecnologia e procure expressar suas próprias concepções frente as afirmações a), b), c) abaixo.

Como resultado dessas discussões procure organizar um texto em forma de 'relato sobre tecnologia' que, de forma muito clara, contenha explicações e justificativas para seus posicionamentos:

- a). – A tecnologia nunca é uma coisa boa ou má, isso depende apenas do uso que é feito dela!
- b). – Quanto maiores os investimentos no desenvolvimento da tecnologia menores serão os problemas que a sociedade terá que enfrentar para o seu progresso!
- c). – As decisões sobre desenvolvimento e aplicação da tecnologia não devem sofrer interferências daqueles que não tem conhecimento especializado sobre o assunto!

RELATO SOBRE TECNOLOGIA

A tecnologia é uma evolução e toda evolução é uma complicação, a não ser que seja revolucionária, como por exemplo a bicicleta ou telefone, porém a evolução dessas tecnologias distanciam as funções essenciais de tal "obra-prima". Um exemplo a se pensar é que quanto mais tecnologia mais lixo será produzida, maior a obsolescência dos produtos tecnológicos sendo que muitas tecnologias que agora estão no mercado tinham se desenvolvidas a tempos, porém elas não foram as vendas pois há um controle por parte empresarial para que ocorra maior lucro por parte dessas empresas.