



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Larissa Rabelo Marques

**TRATAMENTO DE ESGOTO – UM TEXTO DIDÁTICO
PARA O ENSINO MÉDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2013



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Larissa Rabelo Marques

**TRATAMENTO DE ESGOTO – UM TEXTO DIDÁTICO
PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Ricardo Gauche

1.º/2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por toda a força e orientação.

Ao meu pai, mãe, padrasto e avós, a quem devo toda a minha formação de caráter, por todo carinho e dedicação.

Aos meus irmãos por todo apoio e noites mal dormidas em decorrência da luz acesa enquanto eu estudava.

Ao meu namorado, Hugo Versiani, por todo apoio, compreensão e cumplicidade. Agradeço também pela suas valiosas contribuições neste trabalho.

Ao meu orientador professor Ricardo Gauche pela disponibilidade e por sua importante referência em minha vida acadêmica e profissional.

A todos os meus colegas de estágio na Caesb, aos professores da Universidade de Brasília – UnB – e aos meus amigos, por contribuírem consideravelmente na minha formação profissional e, direta ou indiretamente, na construção deste trabalho.

SUMÁRIO

Introdução.....	6
CTS – uma abordagem para o Ensino de Química.....	8
Tratamento de esgoto – importância e conceitos associados	14
Elaborando um texto didático.....	22
Considerações Finais	25
Referências	27
Apêndice.....	29

RESUMO

Este trabalho aborda como tema a elaboração de um material didático para alunos do Ensino Médio sobre tratamento de esgoto com enfoque CTS – Ciência, tecnologia e sociedade – e perspectiva crítica de Educação Ambiental. Para melhor compreensão do tema exposto acima, uma breve perspectiva histórica da trajetória e importância do movimento se faz necessário para ambientar o leitor sobre como se deu o processo de construção do material didático. Os capítulos estão distribuídos em Introdução; Capítulo 1: Uma abordagem para o Ensino de Química; Capítulo 2: Tratamento de esgoto – importância e conceitos associados; Capítulo 3: Elaborando um texto didático, no qual explica-se a construção do texto apresentado no apêndice; e Considerações Finais. O método de pesquisa utilizado foi o de investigação da literatura sobre tratamento de esgoto, buscando abordar os problemas ambientais relacionados e o contexto dos educandos do Ensino Médio. O material proposto se estende buscando usar, como sujeito, o aluno de Ensino Médio ao relacionar os conceitos científicos com práticas sustentáveis para o meio ambiente.

Palavras-chaves: Material Didático; Tratamento de Esgoto; CTS.

INTRODUÇÃO

Sempre vi a Educação como solução para a situação em que vivemos, na qual a população assume comportamento passivo diante de questões ambientais, sociais e políticas. Espera-se que a escola forme cidadãos críticos, participativos e atuantes para a melhoria das condições de vida na sociedade. Porém, no atual ensino predomina o excesso de conteúdos fragmentados, descontextualizados e que devem ser memorizados, o que não permite uma Educação libertadora.

Ao cursar a disciplina Metodologia do Ensino de Química no quinto semestre, descobri na abordagem CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – um instrumento para o ensino que objetiva a formação humana, formando cidadãos autônomos e críticos. Vi na articulação entre questões relativas ao aspecto científico, tecnológico, social, econômico e político aliado à educação ambiental um meio para a formação mais efetiva.

Acreditando nisso, trago neste trabalho uma proposta de material didático para alunos do Ensino Médio com enfoque CTS e perspectiva crítica de Educação Ambiental. O tema do material é o tratamento de esgoto doméstico. A escolha do tema foi motivada na experiência que tive no estágio na CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Percebi que mesmo sendo um dos grandes problemas ambientais brasileiros, pouco se sabe sobre os processos de tratamento e os problemas que algumas ações podem trazer para o meio ambiente.

Infelizmente, o tratamento de esgoto é uma baixa prioridade para o poder público e para a população em geral, resultando em baixos índices de coleta e tratamento no país, o que se agrava com as ligações clandestinas e a falta de atitudes básicas como, por exemplo, a manutenção das caixas separadoras de óleo e areia. Levando isso em consideração, abordo no material didático a importância do monitoramento do saneamento, os processos e etapas do tratamento, que são escolhidas dependendo do tipo de efluente tratado e da classificação do corpo de água que irá recebê-lo, dando enfoque maior no tratamento por lodo ativado que é o utilizado nas Estações de Tratamento da Asa Sul, da Asa Norte e do Riacho Fundo.

Este trabalho é composto por três capítulos. O primeiro destino à abordagem CTS, focado a trajetória do movimento, sua importância e como é necessária para a ambientalização da escola – conjunto de movimentos que buscam mudanças de valores nas relações dos seres humanos entre si e com o ambiente que integram.

No segundo capítulo defendo a importância do tema escolhido, tratamento de esgoto, abordando os conceitos associados numa perspectiva CTS para o ensino de Química.

No terceiro capítulo apresento os critérios utilizados para a elaboração do material didático.

CAPÍTULO 1

CTS – UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE QUÍMICA

O compromisso da educação implica em uma construção que favoreça a formação da cidadania. Esta construção tem como responsabilidade formar cidadãos para participar das decisões políticas a partir do acesso igualitário aos conhecimentos, capacitando-os para agir coletivamente de forma autônoma e crítica, fundamentando-se em conceitos básicos para compreender e atuar sobre os problemas sociais (ZANCAN, 2000¹ *apud* CONRADO; EL-HANI, 2010).

Nesse sentido, ser cidadão não é apenas tomar posse de direitos e deveres em uma sociedade, pressupõe o exercício consciente da democracia, tendo subsídios e capacidades para compreender as diferentes questões socioambientais atuais e futuras e o compromisso de discutir formas possíveis de resolver essas questões e tomar decisões com ações sociais responsáveis (SANTOS; MORTIMER, 2001²; BELL; LEDERMAN, 2003³; PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007⁴ *apud* CONRADO; EL-HANI, 2010).

Nessa perspectiva, Conrado e El-Hani (2010) citam Cassiani e Linsingen (2009)⁵ e Matthews (1994)⁶ ao afirmar que o conteúdo escolar mesmo sendo relevante no contexto local e na realidade do aluno, deve ser aprofundado, com reflexões referentes a interesses, valores e motivos políticos, sociais, econômicos, ambientais, éticos, científicos e culturais.

Porém, atualmente o ensino é marcado pela neutralidade, pelo descompromisso com a sociedade e pela descontextualização, o que favorece a memorização e fragmentação de

¹ ZANCAN, G. T. Educação Científica: uma prioridade nacional. São Paulo em Perspectiva, 14(3), 3-7, 2000.

² SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. Ciência e Educação, 7(1), 95-111, 2001.

³ BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. Wiley Periodicals, **Science Education**, 87, 352-377, 2003.

⁴ PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência e Educação**. Bauru, 13(2), 141-156, 2007

⁵ CASSIANI, S.; LINSINGEN, I. V. Formação inicial de professores de Ciências: perspectiva discursiva na educação CTS. **Educar**, (34), 127-147, 2009.

⁶ MATTHEWS, M. **Science Teaching**: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.

conteúdos, visando à qualificação no mercado de trabalho ou aprovação em vestibulares e concursos.

O desenvolvimento curricular com enfoque nas inter-relações Ciência- Tecnologia- Sociedade (CTS) tem apresentado contribuições significativas nessa perspectiva de construção de uma formação voltada para a cidadania (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p. 132).

O MOVIMENTO CTS E O ENSINO DE QUÍMICA

O período pós-2.^a Guerra Mundial foi marcado por um avanço muito rápido da Ciência e Tecnologia, o que possibilitou conquistas importantes como o desenvolvimento de remédios mais eficazes, a criação de novos produtos, o controle de doenças e pragas, o aumento da produtividade agrícola, a conquista de espaço, o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de informações, propiciando um aumento na qualidade e expectativa de vida. Tudo isso provocou um sentimento de crença na superioridade do conhecimento científico (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p.133).

A supervalorização da ciência gerou três concepções que constituem o mito do cientificismo, conforme discutidas por Santos e Mortimer (2002); Silva (2002); Cruz (2002):

- a) neutralidade científica, na medida em que se acredita que a ciência não está vinculada à sociedade e os cientistas e seus produtos são neutros e livres de controvérsias ou interesses;
- b) o mito da salvação, ou perspectiva salvacionista, quando se acredita que a ciência é sempre benéfica e a tecnologia resolve ou poderá resolver todos os problemas da humanidade;
- c) o determinismo científico, em que se crê que o conhecimento científico é sempre verdadeiro, superior e inquestionável. (CONRADO; EL-HANI, 2010, p. 5).

“Esses mitos estão aliados à concepção linear do desenvolvimento do conhecimento científico, na qual se concebe, entre outros aspectos, que os desenvolvimentos científico, tecnológico, econômico e social são, cada um deles, meras consequências um do outro” (TEIXEIRA, 2003⁷; NASCIMENTO; LINSINGEN, 2006⁸; CUNHA, 2008⁹ *apud* CONRADO; EL-HANI, 2010, p. 5).

⁷ TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, 9(2), 177-190, 2003

⁸ NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, I. V. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Convergência: Revista de Ciências Sociais**, (42), 1405-1435, 2006.

Porém, a forma como o avanço tecnológico ocorreu mostrou contradições, como por exemplo, a falta de controle sobre o curso do modelo desenvolvimentista que provocou desastres ambientais com morte de milhares de pessoas e a situação econômica resultante que ocasionou em uma concentração de renda e manutenção de dois terços da população mundial com acesso limitado às tecnologias e em condições precárias de sobrevivência. Dessa forma, o mito salvacionista do desenvolvimento científico e tecnológico foi posto em cheque (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p. 133).

Neste contexto, ciência e tecnologia passaram a ser objeto de debate político, surgindo o movimento CTS, que ganhou um impulso mais significativo quando a sociedade começou a questionar os discursos sobre o progresso e o desenvolvimento advindos da Ciência e Tecnologia sem uma análise crítica das relações de seus conhecimentos. Este movimento se originou da constatação de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não conduzia de forma linear e homogênea ao desenvolvimento do bem-estar social, ao contrário do que era apontado e fazia crítica ao modelo desenvolvimentista que agravava a crise ambiental e aumentava a exclusão social. O movimento CTS e a Educação Ambiental tiveram trajetórias muito próximas na segunda metade do século XX (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p. 132-139).

Vários motivos levaram ao surgimento do movimento CTS, sendo os principais: a impressão negativa das consequências da industrialização, principalmente devido aos impactos ambientais e sociais; aos questionamentos sobre o papel social e as consequências da atividade científica e dos produtos tecnológicos; às questões éticas referentes ao desenvolvimento científico e à ausência de participação popular nas decisões públicas (VASCONCELLOS; SANTOS, 2008⁹; AULER; BAZZO, 2001¹¹ *apud* CONRADO; EL-HANI, 2010).

[...] o desenvolvimento de estudos e programas CTS que têm se propagado em três grandes direções: ao campo da investigação, como opção à reflexão tradicional sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma visão não essencialista e socialmente contextualizada da atividade científica; ao campo das políticas públicas, defendendo a regulação social da ciência e da tecnologia, promovendo a criação de mecanismos democráticos facilitadores da abertura dos processos de tomada de decisão em questões relativas à

⁹ CUNHA, A. M. **Ciência, tecnologia, e sociedade na óptica docente**: construção e validação de uma escala de atitudes. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. Dissertação (mestrado), 2008.

¹⁰ VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W. L. Educação ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**, 1-10, 2008.

¹¹ AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**. Bauru. 7(1), 1-13, 2001.

política científico-tecnológica, e ao campo da educação, com a introdução de programas de materiais em CTS no ensino, decorrentes da nova visão da C&T. (GARCÍA; CEREZO; LÓPEZ, 1996¹² *apud* SANTOS; GALLIAZI *et al.*, 2010, p. 135).

Os estudos CTS no campo educacional surgiram associados ao ensino de ciências a partir da década de 1970, propondo novos currículos que procuraram incorporar conteúdos de CTS. Vários estudos curriculares foram desenvolvidos nos anos 80 e 90 do século XX e ainda hoje o movimento continua ativo, apesar da menor intensidade. Diversos materiais didáticos para o ensino de Ciências foram produzidos com enfoque CTS para todos os níveis educacionais em diversos países, principalmente nos Estados Unidos, Canadá e Europa. No Brasil, percebiam-se preocupações com a inclusão no currículo de implicações sociais da ciência nos anos 1970, como por exemplo, nos materiais desenvolvidos pelo Centro de Ciências do Estado de São Paulo, porém pesquisas e desenvolvimento mais sistemático de materiais com a denominação CTS começaram a aparecer no final da década de 1990 (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p. 136).

O enfoque CTS pretende: a) a análise e a desmitificação do papel da ciência e da tecnologia como conhecimento hierarquizado e que leva ao desenvolvimento; b) a aprendizagem social da participação pública nas decisões relacionadas com os temas tecnocientíficos e c) uma renovação da estrutura curricular dos conteúdos, de forma a colocar a C&T em concepções vinculadas ao contexto social. (SANTOS; GALIAZZI *et al.*, 2010, p. 140).

Outros objetivos da perspectiva CTS no ensino de ciências podem ser apontados, como, por exemplo, desenvolver atitudes autônomas e críticas com relação a questões de interesse social, com responsabilidade social e consciência dos deveres individuais; possibilitar controle social e democrático da C&T; reconhecer influências e interesses envolvidos nas relações CTS; aplicar conhecimentos científicos na tomada de decisões (VIEIRA; BAZZO, 2007¹³; SORPRESO, 2008¹⁴; CUNHA, 2008¹⁵ *apud* CONRADO; EL-HANI, 2010).

¹² GARCÍA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. El estudio social de la ciencia y la tecnología. In: GARCÍA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. **Ciencia, Tecnología, y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996, p. 18-176.

¹³ VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, 1 (n.esp.), 2007.

¹⁴ SORPRESO, T. P. **Organização de episódios de ensino sobre a "questão nuclear" para o Ensino Médio: foco no imaginário de licenciados**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. Dissertação (mestrado), 2008.

“O enfoque CTS abrange um entendimento que considera as interações CTS apenas como fator de motivação no Ensino de Ciências até aquele que o coloca como fator essencial à compreensão científica” (AULER, 2002¹⁶; SANTOS; MORTIMER, 2000¹⁷ *apud* SANTOS; GALIAZZI, 2010, p. 139). E embora Santos afirme que algumas interpretações responsabilizam o enfoque CTS por um esvaziamento do conhecimento científico trabalhado em sala de aula, os autores destacam que em termos gerais, que o objetivo do ensino CTS refere-se ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão (SANTOS; SCHNETZLER, 1997¹⁸; SANTOS; MORTIMER, 2000¹⁹ *apud* SANTOS; GALIAZZI, 2010, p. 140).

De acordo com Fraga (2007) e Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), há três principais formas de se trabalhar CTS no ensino: introdução da abordagem CTS no ensino de ciências (inserção de temas CTS nas disciplinas como motivação ou exemplo), tratamento dos conteúdos de ciências na perspectiva CTS (organização curricular do ensino de ciências de maneira contextualizada segundo uma orientação CTS), CTS puro (conteúdo científico usado para compreender o conteúdo CTS). Essas abordagens podem ser implementadas por meio de diversas atividades e estratégias, como caso simulado, debates, projetos, dependendo dos objetivos e conteúdos selecionados, bem como dos recursos e tempo disponíveis. (CONRADO; EL-HANI, 2010, p. 11).

Os autores continuam citando Fraga (2007)²⁰; Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007)²¹; Cunha (2008)²²; Vasconcelos e Santos (2008)²³ e Cassab (2008)²⁴ a respeito dos principais desafios da educação CTS no Brasil, que incluem: influência dos currículos de outros países e

¹⁵ CUNHA, A. M. **Ciência, tecnologia, e sociedade na óptica docente**: construção e validação de uma escala de atitudes. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. Dissertação (mestrado), 2008.

¹⁶ AULER, D. **Interações entre ciências-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciência**. Tese (Doutorado em Educação) – Curso de Pós-Graduação em Educação, UFSC, Florianópolis, 2002.

¹⁷ SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. 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, p. 133-162, 2000.

¹⁸ SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química**: um compromisso com a cidadania. Ijuí, Ed. Unijuí, 1997.

¹⁹ SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. 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, p. 133-162, 2000.

²⁰ FRAGA, L. S. **O curso de graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP**: uma análise a partir da Educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. Dissertação (mestrado), 2007.

²¹ PINHEIRO, N. A.; SILVEIRA, R. M.; BAZZO, W. A. A relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, 13(1), 71-84, 2007.

²² CUNHA, A. M. **Ciência, tecnologia, e sociedade na óptica docente**: construção e validação de uma escala de atitudes. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. Dissertação (mestrado), 2008.

²³ VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W. L. Educação ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**, 1-10, 2008.

²⁴ CASSAB, Mariana. A Democracia como balizadora do Ensino das Ciências na Escola: como discutir este desafio? **RBPEC**, 8(2), 2008.

consequente descontextualização; falhas na formação docente; escassez de material didático-pedagógico, aliada à consideração do material didático como ferramenta suficiente para aprender ciências; indefinição de metodologias para aplicação CTS; questões sócio científicas tratadas de forma mecânica e inflexível. Afirmando ainda que além das investigações que buscam desenvolver ferramentas para a efetivação da perspectiva CTS no ensino, devem ser incentivadas propostas de organização curricular.

Levando em consideração a importância da educação com um enfoque CTS, apresento no próximo capítulo a necessidade de abordar assuntos relacionados ao saneamento básico (essencial à proteção da saúde pública e do meio ambiente) e os conteúdos químicos envolvidos que abordarei no texto didático em anexo.

CAPÍTULO 2

TRATAMENTO DE ESGOTO – IMPORTÂNCIA E CONCEITOS ASSOCIADOS

Uma parcela significativa das águas depois de utilizadas retorna suja aos cursos d'água o que compromete sua qualidade, pois quando qualquer lançamento ocorre, as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a ser alteradas.

Em 2001, estimava-se que 80% das doenças e mais de um terço das mortes no Brasil estavam associadas à utilização e consumo de águas contaminadas (GALAL-GORCHEV, 1996²⁵ *apud* GUIMARÃES; NOUR, 2001). Outra preocupação é a escassez dos recursos naturais, decorrente do crescimento acelerado da população mundial e das indústrias, do consumo excessivo e do descarte irresponsável dos resíduos.

Portanto, políticas de investimentos nas áreas de saneamento são de fundamental importância para a saúde pública e preservação dos recursos naturais.

Segundo o IBGE, em 2008 aproximadamente 99,4% dos domicílios brasileiros dispunham de água tratada e 55,2% de rede coletora de esgoto. No Distrito Federal, segundo a Caesb – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal –, possuímos o maior índice de cobertura de saneamento no Brasil e dados do censo demográfico 2010 realizado pelo IBGE mostram que 88,9% das residências urbanas possuem saneamento adequado e 10,9% semi-adequado. Dados da Caesb mostram que atualmente no Distrito Federal a Companhia opera em 5.169 km de redes e 17 Estações de Tratamento de Esgotos.

Mello (2007) traz a NBR 9648 (ABNT, 1986), que define esgoto sanitário como o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

²⁵ 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

Segundo Von Sperling²⁶ (1996), o esgoto sanitário é formado por esgoto doméstico, águas de infiltração e despejos industriais, sendo que:

- O esgoto doméstico é proveniente das residências, do comércio e das repartições públicas. A taxa de retorno é de 80 % da vazão da água distribuída;
- As águas de infiltração são as que penetram na rede coletora de esgoto através de juntas defeituosas das tubulações, paredes de poços de visita, etc. A taxa de infiltração depende muito das juntas das tubulações, do tipo de elementos de inspeção, do tipo de solo e da posição do lençol freático. Os valores médios são de 0,3 a 0,5 L/s.km;
- Os despejos industriais são efluentes de indústrias que, devido às características favoráveis, são admitidos na rede de esgoto. Os esgotos industriais ocorrem em pontos específicos da rede coletora e suas características dependem da indústria. (MELLO, 2007, p. 17).

Abordo nesse trabalho o tratamento de esgotos domésticos. Atualmente, existem inúmeros processos para o tratamento de esgoto doméstico, que são divididos em biológicos - quando há necessidade da ação de microrganismos - e físico-químicos. A decisão pelo processo a ser empregado depende das características do efluente a ser tratado, da área disponível para montagem do sistema de tratamento e do nível de depuração (diluição, sedimentação e estabilização química e bioquímica da matéria orgânica presente no efluente) que se deseja atingir (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

A Figura 1 traz a tabela dos 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
Matéria orgânica	Dimensões superiores a ~0,001 mm	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
	Dimensões inferiores a ~0,001 mm	Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Organismos transmissores de doenças		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
		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

Figura 1 – Mecanismos de remoção de poluentes. Fonte: Barros *et al.*, 1995 *apud* Guimarães; Nour, 2001, p. 7.

²⁶ VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996

O tratamento de esgotos domésticos é dividido em tratamento preliminar (ou pré-tratamento), tratamento a nível primário, secundário e terciário. No tratamento preliminar são utilizadas grades, peneiras ou caixas de areia para reter os resíduos maiores e impedir que haja danos às próximas unidades de tratamento. No tratamento a nível primário são sedimentados os sólidos em suspensão que vão se acumulando no fundo do decantador, formando o lodo primário que depois é retirado para dar continuidade ao processo. No tratamento a nível secundário, os microrganismos se alimentam da matéria orgânica, convertendo-a em gás carbônico e água. No tratamento a nível terciário são removidos poluentes específicos como os micronutrientes como fósforo e nitrogênio (MELLO, 2007).

Limito-me ao sistema das Estações de Tratamento da Asa Sul, da Asa Norte, e do Riacho Fundo (simplificado conforme a Figura 2): o sistema de lodos ativados, que é amplamente utilizado em nível mundial para o tratamento de despejos domésticos e industriais em situações em que são necessários uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. Esse sistema inclui um índice de mecanização superior aos outros e implica em uma operação mais sofisticada e maiores consumos de energia (VON SPERLING, 1997).

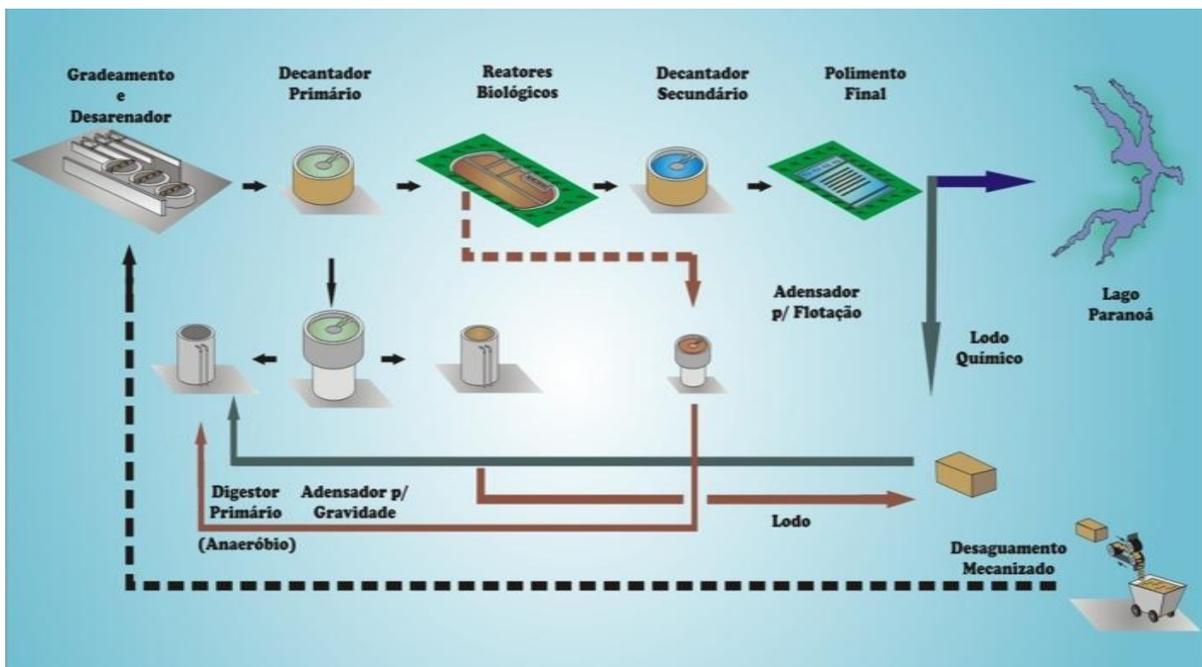


Figura 2 – Sistema de lodo ativado. Fonte: CAESB 2012.

Os esgotos recebidos por essa estação são tratados em nível terciário, com remoção de fósforo e nitrogênio, com o objetivo de proteger a qualidade das águas do Lago contra o processo de eutrofização – concentração gradativa de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos em resposta ao crescimento desordenado da população vegetal – e consequente aumento da demanda de oxigênio no meio.

Os esgotos são coletados e encaminhados por gravidade e por bombeamento ao tratamento preliminar (grade e desarenador), onde são retirados os materiais grosseiros e areia. Um dos problemas enfrentados pelas Estações de Tratamento é a grande quantidade de resíduos sólidos como materiais plásticos, roupas, lixos em geral e gordura. Esses resíduos obstruem a rede coletora e prejudicam o processo de tratamento.

Depois desta etapa, os esgotos são separados também por gravidade em duas fases nos decantadores primários: a fase sólida que é bombeada para os adensadores de lodo (retirando parte da umidade) e destes para os digestores anaeróbios (contém microrganismos – bactérias, protozoários, fungos, leveduras, micro metazoários - que degradam a matéria orgânica sem a presença de oxigênio molecular) e a fase líquida que é encaminhada para os reatores (CAESB, 2012).

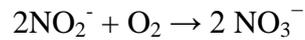
Nos reatores ocorrem os tratamentos secundários e terciário com a remoção da matéria orgânica e dos nutrientes como nitrogênio e fósforo. O nitrogênio aparece na forma de matéria orgânica nitrogenada (aminoácidos e proteínas) e é convertida pelas bactérias a amônia. O fósforo aparece principalmente em moléculas orgânicas, polifosfatos e detergentes na forma de ortofosfato (PO_4^{3-}). O tanque dos reatores é formado por três zonas interligadas: zona anaeróbia - parte desprovida de oxigênio -, zona anóxica - parte onde existe oxigênio na forma de nitrato - e zona aeróbia - parte onde existe oxigênio na forma gasosa (CAESB, 2005).

A fase líquida proveniente do tratamento primário chega aos reatores pela zona anaeróbia, onde as diferentes espécies de bactérias realizam degradação da matéria orgânica através da fermentação, liberando CO_2 . Na zona aeróbia ocorre aeração pelo fundo do tanque e outras espécies de bactérias degradam grande parte da matéria orgânica bacteriana em partículas menores e H_2O (CAESB, 2005).

O processo de remoção de nitrogênio tem início na zona aerada, onde o nitrogênio amoniacal (NH_3) é oxidado a nitrato (nitrificação), retornando depois à zona anóxica para sofrer desnitrificação. O processo de nitrificação ocorre em duas fases, primeiro a amônia é oxidada a nitrito (NO_2^-), depois o nitrito é oxidado a nitrato (NO_3^-). Já no processo de

desnitrificação, as bactérias presentes na zona anóxica utilizam o oxigênio do nitrato para a degradação da matéria orgânica, ocorrendo a redução do nitrato a nitrogênio gasoso que pode ser eliminado do meio (CAESB, 2005).

Reações de nitrificação: $2 \text{NH}_3 + 4\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$



Reação de desnitrificação: $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

O processo de remoção de fósforo por bactérias conhecidas como OAP (Organismos Acumuladores de Fósforo) também ocorre com a alternância entre condições aeróbias e anaeróbias. Essas bactérias possuem reservas de fósforo na forma de polifosfatos que são utilizados como energia, sendo capazes de assimilar e armazenar energia orgânica e liberar ortofosfato na zona anaeróbia. Portanto, nessa fase ocorre uma diminuição de matéria orgânica no meio e aumento de ortofosfato. Na zona aeróbia, as bactérias utilizam o oxigênio e a energia produzida nas reações da matéria orgânica para realizarem seus processos de desenvolvimento e reprodução. Elas utilizam o oxigênio excedente e ortofosfato para gerar a energia que é acumulada nas reservas de polifosfato. Dessa forma, ocorre a remoção do fósforo do meio, já que as bactérias assimilam maior quantidade de fósforo no meio aeróbio do que liberam no meio anaeróbio (CAESB, 2005).

O esgoto sai dos reatores no final da zona aerada e é direcionado para um segundo decantador, onde a fase sólida (lodo biológico) e a líquida são separadas por decantação. Parte do lodo retorna aos reatores pela zona anaeróbia e participa novamente das etapas de tratamento, permitindo elevada eficiência do sistema e a parte excedente segue para os adensadores junto com o lodo dos decantadores primários (CAESB, 2012).

Após essa etapa, a fase líquida segue para o polimento final, onde os sólidos e fósforo residuais do tratamento biológico são retidos através da floculação com produtos químicos (sulfato de alumínio ou cloreto férrico) e separados por flotação (CAESB, 2005).

Na floculação, o esgoto biologicamente tratado recebe dosagem de sulfato de alumínio proporcional à vazão medida instantaneamente e sofre homogeneização. O sulfato de alumínio é um coagulante e agrega as partículas sólidas em duas etapas. Na primeira, o sulfato reage com as moléculas de água e forma o hidróxido de alumínio: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$. Na segunda, o hidróxido de alumínio reage com as moléculas de fosfato e forma o fosfato de alumínio, sal insolúvel em água: $\text{Al}(\text{OH})_3 + (\text{PO}_4)^{3-} \rightarrow \text{AlPO}_4$. O precipitado é floculado devido à adição de solução de polieletrólito aniônico proporcional a vazão na entrada das câmeras de flotação. Essas câmeras recebem água e ar para a formação de

microbolhas, que aderem aos flocos e os impulsionam em direção a superfície. O lodo flotado é removido e encaminhado aos digestores. O efluente líquido final é lançado no Lago Paranoá (CAESB, 2005).

Assim como todas as etapas do tratamento, o efluente final é monitorado e deve atender às condições e padrões do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n. 430.

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 e 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e

f) ausência de materiais flutuantes. (CONAMA, 2011)

“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)” (GUIMARÃES; NOUR, 2001, p. 10). Os autores explicam que por ser um teste que fornece uma estimativa do grau de depleção de oxigênio em um corpo aquático receptor natural e em condições aeróbias, é muito importante para avaliação e controle do potencial de poluição nos esgotos.

Outro parâmetro importante é a demanda química de oxigênio (DQO), que infere o consumo máximo de oxigênio, biodegradável ou não, de um dado efluente após sua oxidação em condições específicas (forte oxidante, ou seja, o dicromato em meio extremamente ácido e temperatura elevada por aproximadamente duas horas). 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 (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Além da preservação ambiental, o crescimento acelerado da demanda de captação e consumo por parte da população traz uma preocupação com o monitoramento do tratamento

de esgoto das ETE, pois desde 2005 a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal estuda a alternativa de usar o Lago Paranoá como fonte de abastecimento de água para cerca de 600 mil pessoas nos próximos anos (Caesb, 2013).

Em Abril de 2013 a Caesb divulgou um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para Implantação do Sistema de Produção de Água para o Distrito Federal com Captação no Lago Paranoá, que junto com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) foram feitos objetivando o subsídio do processo de licenciamento ambiental em tramitação no Instituto Brasília Ambiental (IBRAM- DF). A Caesb aponta o empreendimento como objeto de ampliação do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal para atendimento da demanda de água potável nos próximos 30 anos, o que atenderia não somente a demanda associada ao crescimento populacional das áreas urbanas da capital, mas também os vários condomínios em processo de regularização. A Estação de Tratamento de Água do Paranoá ficará localizada no atual Parque Ecológico Bernardo Savão, situado entre a DF-001 e as QI 25, 27 e 29 do Lago Sul. As regiões diretamente atendidas serão Sobradinho I, Sobradinho II, Itapoã, Paranoá, Jardim Botânico, São Sebastião e Lago Sul (Caesb, 2013).

Uma das grandes preocupações da população quando foi divulgada a intenção de utilizar águas do Lago Paranoá para consumo, foi a qualidade dessas águas. Pois para alimentação do Lago contribuem as águas de seus tributários, as águas de drenagens pluviais urbanas, os efluentes tratados de duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE Sul e ETE Norte) e os efluentes de outras duas estações de tratamento de esgotos situadas na sua bacia de drenagem: a ETE Riacho Fundo, cujo corpo hídrico receptor é o Riacho Fundo, um dos formadores do Lago, e a ETE Torto, cuja disposição final dos efluentes se dá no solo (Caesb, 2013).

No Relatório de Impacto Ambiental, a Caesb divulgou estudos sobre as características de Qualidade da Água do Lago Paranoá. A empresa firma que no que se refere ao grupo de parâmetros orgânicos, não foi detectada, em nenhuma análise feita e em nenhum ponto monitorado, uma concentração que ultrapassasse o limite-máximo preconizado pela Resolução Conama 357m o que induz a considerar que, atualmente, não há indícios de que poluentes orgânicos possam comprometer a viabilidade de aproveitamento do Lago Paranoá para abastecimento público de água (Caesb, 2013).

A Caesb divulgou também no RIMA de 2013 que com base na análise das características das águas do Lago Paranoá, a proposta de tratamento para a fase líquida da ETA Paranoá é o processo convencional formado por coagulação, floculação, clarificação e

filtração. Propondo, para clarificação, o processo de flotação por ar dissolvido e, para desinfecção, a irradiação com UV seguida de pequena cloração (Caesb, 2013).

Porém, recentemente, muitos contaminantes ambientais tem despertado interesse da comunidade científica e regulatória, são os contaminantes emergentes. Sodré traz a definição do Serviço Geológico dos Estados Unidos para contaminantes emergentes como “qualquer microrganismo ou substância química natural ou sintética que não é monitorada, mas que é capaz de surgir no ambiente e provocar efeitos adversos conhecidos ou não sobre ecossistemas e/ou sobre a saúde humana” (SODRÉ, 2012, p.2). O autor afirma que “atualmente sabe-se que muitos contaminantes emergentes mostram-se capazes de provocar efeitos sobre a reprodução e o desenvolvimento de organismos vivos por meio de alterações em seus sistemas endócrinos” (SODRÉ, 2012, p.2). Estes contaminantes são denominados interferentes endócrinos e existem definições próprias para esta classe de substâncias em função dos potenciais riscos que podem representar.

Sodré aponta que pesquisas evidenciam que as principais fontes de interferentes endócrinos para águas superficiais são os efluentes de estações de tratamento de esgoto e em alguns casos, o próprio esgoto bruto despejado nos corpos aquáticos receptores. Nesse sentido, o autor afirma os corpos aquáticos brasileiros encontram-se em um estágio extremamente impactado com relação a esses interferentes, visto o aporte constante de esgoto bruto em rios. E comparativamente com países desenvolvidos, traz que mesmo para aqueles apresentam elevado índice de tratamento de esgoto, são encontradas concentrações significativas de substâncias classificadas como interferentes endócrinos (SODRÉ, 2012). Esses estudos põem em dúvida a eficiência das estações de tratamento de esgoto e de água, as quais usam tecnologia simples e convencional. Evidenciando uma necessidade de medidas de controle da poluição de corpos aquáticos por meio da ampliação/melhoria dos programas de gestão dos serviços de água e esgoto junto aos órgãos ou empresas responsáveis (SODRÉ, 2012)

CAPÍTULO 3

ELABORANDO UM TEXTO DIDÁTICO

Sabendo que

É necessário que se estabeleça um equilíbrio entre os aspectos ecológicos, econômicos e sociais, de tal forma que as necessidades materiais básicas de cada indivíduo possam ser satisfeitas, sem consumismo ou desperdícios, e que todos tenham oportunidades iguais de desenvolvimento de seus próprios potenciais e tenham consciência de sua corresponsabilidade na preservação dos recursos naturais e na prevenção de doenças. (RIBEIRO; ROOKE, 2010, p. 5)

E objetivando uma educação contextualizada, preocupada com o meio ambiente e com questões sociais, econômicas e políticas, o material didático para alunos do Ensino Médio com enfoque CTS e perspectiva crítica de Educação Ambiental foi elaborado atentando-se para os critérios do Guia de Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012.

Busquei respeitar à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas ao Ensino Médio; aos princípios éticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano; a coerência e adequação da abordagem teórico metodológica no que diz respeito à proposta didático pedagógica e objetivos visados; a correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos; e a adequação da estrutura editorial e projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos.

No que diz respeito à adequação da estrutura editorial e projeto gráfico aos objetivos didático-pedagógicos do material didático bus organizá-lo de forma clara, coerente e funcional; apresentar legibilidade adequada para o nível de escolaridade a que se destina (Ensino médio); apresentar ilustrações, que respeitem proporções entre objetos ou seres representados; isentá-lo de erros de revisão.

Em relação à adequação em relação ao respeito à legislação, às diretrizes e às normas oficiais relativas para o Ensino Médio (Constituição Brasileira, ECA, LDB 1996, DCNEM, Resoluções e Pareceres do CNE), busquei respeitar o caráter laico e autônomo do ensino público; respeitar a diversidade do credo, de regionalidade, local de moradia, gênero,

orientação sexual, etnia e classe social; isentá-lo de ilustrações, fotografias, legendas, crônicas ou anúncios que desrespeitassem os valores éticos e sociais da pessoa e da família ou que fossem veiculadas a publicidade de marcas, produtos ou serviços comerciais; reconhecer o Ensino Médio como etapa final da educação básica e não simplesmente preparatória para o vestibular, favorecendo a autonomia intelectual e o pensamento crítico; favorecer a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática no ensino das Ciências da Natureza; favorecer a estimulação da iniciativa dos estudantes; reconhecer que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos e permitir aos alunos a compreensão mais ampla da realidade.

Em relação à adequação da abordagem teórico-metodológica do material didático em relação à abordagem do conhecimento químico escolar destinado ao Ensino Médio, busquei oportunizar o contato com diferentes linguagens e formas de expressão; evitar a compartimentalização dos conceitos centrais da Química; considerar a aprendizagem como constitutiva do pensamento científico por meio de códigos próprios; apresentar discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, criando condições para que os jovens entrem em contato com a cultura científica atual; apresentar uma abordagem do conhecimento com a valorização de uma visão interdisciplinar e contextualizada; apresentar a Química como ciência que se preocupa com a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria, os artefatos tecnológicos e os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho; evitar a construção de discurso maniqueísta a respeito da Química; apresentar uma visão de ciência marcada pelo seu caráter provisório.

Já em relação à adequação do texto em termos de conteúdo, atualização de conceitos, informações e procedimento busquei apresentar os conceitos químicos, os procedimentos e as informações atualizadas e corretas; apresentar as noções e conceitos atuais sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados; apresentar as ilustrações ou imagens de forma correta e atualizada; evitar a utilização de metáforas e analogias que induzam a elaborações conceituais incorretas.

O texto “Conhecendo uma ETE” foi estruturado em tópicos: Você sabe o que é uma ETE?; Por que tratar o esgoto?; Etapas do Tratamento; Controle do Tratamento; e Faça sua

parte!. As ilustrações foram feitas com imagens disponíveis na internet e fotos tiradas na Estação de Tratamento de Esgoto Brasília Sul.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade do mundo atual não permite que o Ensino Médio, última etapa da educação básica, seja apenas preparatória para exames de seleção, na qual o estudante assume uma postura treinada em apresentar respostas padrão. O estudante deve ser capaz de se posicionar, de julgar e tomar decisões, compromissada com a cidadania. Uma concepção fragmentada e distante da realidade, visão que infelizmente é a de muitos professores, contribui para o distanciamento de uma educação significativa e compromissada com o almejado.

Vendo a Química como um instrumento essencial na educação humana, como meio co-participante da interpretação do mundo e da ação responsável na realidade, propus nesse trabalho um material didático, no qual estudantes e professores, em interação, poderão produzir conhecimentos contextualizados e interdisciplinares. E utilizando a abordagem com enfoque nas inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), propus o tema sabendo que nem sempre as situações reais utilizadas para contextualizações são adequadas e suficientemente tratadas nos processos de ensino-aprendizagem.

Ao construir o material didático, percebi que o tema Tratamento de Esgotos evidencia suas possibilidades de uso para uma abordagem CTS. O texto proposto deve ser utilizado preferencialmente com alunos do Ensino Médio de escolas do Distrito Federal, visto que trata da realidade local e processo de tratamento utilizado em estações específicas. Esta abordagem é fundamental, pois propicia que os alunos compreendam o mundo social em que estão inseridos, desenvolvam a capacidade de tomada de decisão com maior responsabilidade e desenvolvam também atitudes e valores comprometidos com a cidadania planetária em busca da preservação ambiental e da diminuição das desigualdades econômicas, sociais, culturais e étnicas.

As inter-relações CTS dinamicamente articuladas possibilitam a discussão de aspectos sociocientíficos ligados à questão ambiental, econômica, social, política e cultural. A partir da importância do Saneamento Básico e da análise de dados que trazem a realidade em que se encontra o Saneamento Básico no Mundo, Brasil e DF, as etapas do tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados, o monitoramento de acordo com o Conselho Nacional do Meio

Ambiente – CONAMA e o uso do Lago Paranoá como fonte de abastecimento de água pode ser feita a discussão articuladamente aos conteúdos químicos e aos contextos.

REFERÊNCIAS

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 22 fevereiro 2013.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. **Formação de Cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências**. Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.academia.edu/817309/Formacao_de_cidadaos_na_perspectiva_CTS_reflexoes_para_o_ensino_de_ciencias>. Acesso em: 16 fevereiro 2013.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL - CAESB. **Relatório de Impacto Ambiental - Sistema de Abastecimento de Água com Captação no Lago Paranoá**. Brasília, 2013

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL - CAESB. **Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal – SIESG**. 25 ed. Brasília, 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL - CAESB. **Apostila da 1ª Semana Técnica da ETEB Norte**. Brasília, 2005, p. 4 – 32.

GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>>. Acesso em: 22 fevereiro 2013.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 07 maio 2013.

MELLO, E. J. R. **Tratamento de esgoto sanitário** - Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG. Uberlândia, 2007. Disponível em: <http://www.saearaguari.com.br/desenv/downloads/tratamento_esgoto_-_ETE_compacta.pdf>. Acesso em: 22 fevereiro 2013.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoSa%C3%BAde.pdf>>. Acesso em: 22 fevereiro 2013.

SANTOS, W. L. P.; GALIAZZI, M. C.; JUNIOR, E. M. P.; SOUZA, M. L.; PORTUGAL, S. O Enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de química em foco.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 131-157.

SODRÉ, F.F. **Interferentes Endócrinos como Contaminantes Emergentes: Uma questão de saúde pública.** Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.aqua.unb.br/index.php?option=com_content&view=category&id=15&layout=blog&Itemid=16>. Acesso em: 26 junho 2013.

SPERLING, M. V. **Lodos ativados - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, p. 11-26.

APÊNDICE

(ARQUIVO EM SEPARADO: **Conhecendo uma ETE**)