


Unidade Temática sobre Mineração do Carvão: Uma Proposta para o Ensino de Termoquímica com Enfoque CTS

Thematic Unit on Coal Mining: A Proposal for the Teaching of Thermochemistry with Focus on Science, Technology and Society

Gisele do Livramento,^a Daniel das C. A. Ribeiro,^b Nathália M. Simon,^{a,b} Lívia Streit,^{a,b} Camila G. Passos^{a,b,*} 

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Campus do Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43111, sala 218/3, CEP: 90501-970, Bairro Agronomia, Porto Alegre - RS - Brasil

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Campus do Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43111, sala 218/3, CEP: 90501-970, Bairro Agronomia, Porto Alegre - RS - Brasil

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI)

*E-mail: camila.passos@ufrgs.br

Recebido: 28 de Março de 2021

Aceito: 28 de Março de 2021

Publicado online: 24 de Maio de 2021

This work, of a qualitative nature, aims to analyze the process of elaboration and validation of a Thematic Unit (TU) from the perspective of Science, Technology and Society (STS) on thermochemistry contents based on the coal mining. For that, initially the instrument proposed by Silva and Marcondes (2015) was used to detail the analysis of the TU. In addition, the TU was evaluated by High School Chemistry teachers and researchers in the area of Chemistry Teaching in pursuance of checking conceptual adequacy and convergences to the STS approach. The results show that the set of TU activities goes along with the principles of the STS perspective. Thus, may favor students' reflection on the environmental and social impacts of mining and the production of electric energy through non-renewable sources.

Keywords: Teaching physical chemistry; professional master's course; contextualization.

1. Introdução

Segundo a legislação educacional brasileira, a escola tem papel fundamental na formação do cidadão, considerando o sujeito em sua integralidade.¹ O ambiente escolar, o currículo, as metodologias de ensino e a interação entre professores e alunos são elementos que contribuem para a formação integral do cidadão.²

Entretanto, na maioria das escolas de educação básica do país o Ensino de Química ainda é desenvolvido de maneira descontextualizada, sem interação com outras disciplinas e sem enfoque na formação integral dos estudantes, por não propiciar uma reflexão dos impactos da ciência e tecnologia na sociedade.³ Além disso, resulta em desinteresse com relação à disciplina e em altas taxas de reprovação.⁴ O simulado do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2016, realizado de forma on-line pelo portal Hora do ENEM, revelou que o menor índice de acertos das questões foi em Química, com uma média de 29% de acertos, seguido pela Física com 31,9%.⁵

Diversos estudiosos apontam como forma de superar as dificuldades de aprendizagem a utilização de diferentes metodologias de ensino.³⁻⁷ Essa tarefa de desenvolver metodologias, além da aula expositiva, exige maior tempo de planejamento do professor, disponibilidade de materiais e recursos além daqueles utilizados em uma aula tradicional, espaços diferenciados e o apoio da equipe gestora da escola em disponibilizar os recursos necessários e oferecer apoio pedagógico. Ainda deve-se considerar que os alunos não aprendem da mesma forma ou ao mesmo tempo, o que justifica a utilização de propostas didáticas distintas.⁸

Nesse contexto, o professor precisa tornar-se o autor da proposta que executará, para que possa melhorar sua prática e escolher os materiais didáticos que atendam aos seus objetivos e aos da proposta curricular que rege sua rede de ensino. Uma das possibilidades de produção de material didático são as Unidades Temáticas (UT). A elaboração de material didático pelo professor facilita um trabalho mais contextualizado, trazendo aspectos da região em que o aluno reside e promovendo o caráter cidadão deste.^{9,10}

A região sul de Santa Catarina, onde reside e atua como professora a primeira autora do artigo, tem como uma das principais atividades econômicas a exploração de carvão mineral. Boa parte do carvão é transportada por ferrovia para ser utilizada em uma usina termoeletrica, situada no município de Capivari de Baixo. Com isso, foi elaborado o produto educacional "Unidade Temática: Termoquímica, mineração de carvão e a produção de energia elétrica no sul de Santa Catarina" como parte integrante da dissertação de mestrado desenvolvida entre 2018 e 2019 no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul.¹¹ Considera-se que a utilização dessa temática poderá contribuir para contextualizar e evidenciar a aplicabilidade dos conceitos químicos à realidade dos alunos da região sul do estado de Santa Catarina, assim como para a tomada de consciência acerca dos impactos ambientais e sociais da mineração e da utilização do carvão para produção de energia.

Tendo em vista as modificações na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394/1996)¹ incluídas pela Lei nº 13415/2017 e a recente aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para essa etapa de ensino, é importante refletir acerca do Ensino de Ciências, em especial as possibilidades para o Ensino de Química. Neste artigo, apresenta-se um estudo ampliado do texto da dissertação sobre o processo de elaboração e validação da UT fundamentada na perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) sobre conteúdos de termoquímica, a partir da temática mineração do carvão. Entende-se que dessa forma pode-se contribuir com as investigações na área de Ensino de Química e divulgar as potencialidades do produto educacional para ser utilizado nas demais regiões brasileiras.

2. Referencial teórico

2.1. Ensino de Ciências e a abordagem CTS

A ciência e a tecnologia, atividades humanas que envolvem investigação e desenvolvimento de técnicas, existem desde que a humanidade passou a pensar como usar ou adaptar recursos para o seu desenvolvimento. Assim, é difícil dizer qual delas veio primeiro. Suas trajetórias estão intimamente correlacionadas, e suas correlações são mais acentuadas em períodos de grande movimentação na atividade científica, como a Antiguidade Grega, a Renascença e a Revolução Industrial. “O fortalecimento das relações entre ciência, tecnologia e sistema econômico foi o grande responsável por grandes transformações na Europa, a partir do século XVII” (p. 3).¹² A partir da revolução industrial, ciência e tecnologia integraram-se mais profundamente. No entanto, a tecnologia começou a fazer uso significativo da ciência apenas ao final do século XIX, quando a indústria química utilizou-se de descobertas científicas para alterar substâncias naturais e depois para sintetizar substâncias inteiramente novas.¹³

Em menos de dois séculos, o progresso científico e tecnológico promoveu uma série de transformações no mundo. Transformações que ocorreram em um ritmo tão acelerado, que grande parte da população apenas sentiu seus impactos, porém não teve oportunidade de assimilar seus efeitos. Com a consolidação do capitalismo, a relação entre ciência e tecnologia estreitou-se de forma que todas as inovações tecnológicas das últimas décadas foram realizadas com grande fundamentação científica. Como exemplos, temos as telecomunicações, a informática, e a biotecnologia.¹³

Após a euforia com os avanços científicos e tecnológicos das décadas de 1960 e 1970, os problemas políticos e econômicos relacionados à degradação ambiental e o desenvolvimento da tecnologia bélica fizeram com que ciência e tecnologia fossem questionadas por movimentos sociais que passaram a denunciar as consequências negativas dessas atividades sobre a sociedade. Percebeu-se que o desenvolvimento científico e tecnológico não levava necessariamente ao bem-estar social.^{14,15}

Num contexto de crítica ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico, que passa a afetar cada vez mais a vida das pessoas, tem início o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na década de 1970. Os estudos sobre CTS procuram entender ciência e tecnologia (CT) no contexto social, com enfoque crítico, incorporando uma perspectiva interdisciplinar na busca por novas maneiras de compreender o desenvolvimento científico-tecnológico. A politização sobre CT trouxe a ideia de regulação pública e a criação de agências de regulação.¹⁴

No campo educacional, o questionamento da repercussão da ciência e tecnologia na sociedade contribuiu para a proposição de um delineamento mais crítico e contextualizado do Ensino de Ciências, relacionado à necessidade de aquisição de conhecimento científico por parte dos estudantes que os leve à participação social de forma ativa e crítica.^{7,8} Na década de 1970, surgiram orientações curriculares que priorizavam a implementação de projetos CTS em vários países da Europa e da América do Norte.¹⁶ Essas discussões repercutiram no contexto educacional brasileiro no começo da década de 1990, quando têm início as primeiras pesquisas envolvendo a temática CTS na educação científica.¹⁷

De acordo com Santos,¹⁸ a literatura internacional aponta o envolvimento de aspectos relacionados com a formação da cidadania como tendência do Ensino de Ciências. Esse é o objetivo comum nas propostas que consideram aspectos econômicos e sociais, ainda que denominadas por vários títulos: Ensino de Ciências para a sociedade, Ensino de Ciências para a vida, Ensino de Ciências para o progresso, Ensino de Ciências para problemas persistentes, Ensino de Ciências e da tecnologia para o desenvolvimento. No entanto, não há um consenso quanto aos objetivos do movimento CTS no campo educacional. Há concepções que contemplam as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade apenas como fator de motivação no Ensino de Ciências, e há aquelas que têm como essência a compreensão dessas interações, colocando o conhecimento científico em um papel secundário.¹⁴ A educação em CTS busca promover a alfabetização científico-tecnológica, para que os cidadãos tenham a possibilidade de tomar decisões responsáveis na sociedade contemporânea. Em grande parte das concepções, a responsabilidade social na tomada de decisões em assuntos envolvendo ciência e tecnologia é uma das prioridades do currículo CTS, pois cada vez mais o cotidiano é influenciado pelo surgimento de novas tecnologias.¹⁹

Para Auler,¹⁴ o enfoque CTS deveria preocupar-se em discutir e problematizar construções históricas sobre a atividade científico-tecnológica: superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, na qual se acredita que quem entende melhor é quem deve tomar decisões referentes às questões científico-tecnológicas; perspectiva salvacionista da CT, que se refere à compreensão de que os problemas da humanidade serão solucionados em algum momento pela ciência e tecnologia; e o determinismo tecnológico, no qual se entende que o desenvolvimento científico-tecnológico é irreversível e que trará consigo o desenvolvimento social. Com estes apontamentos, Auler¹⁴ se aproxima dos pressupostos de Paulo Freire (1921-1997). Para Auler,¹⁴ as abordagens convergem na busca pela participação na sociedade, o que no enfoque CTS está no sentido da reivindicação da democratização das decisões em temas sociais que envolvem ciência/tecnologia, e para Freire está numa proposta de ensino que possibilite uma leitura crítica do mundo para transformação da realidade. Nesse sentido, para possibilitar a realização de uma leitura crítica do mundo, é necessário problematizar as compreensões sobre as atividades científico-tecnológicas, pois a dinâmica social está, cada vez mais, relacionada aos avanços da ciência e da tecnologia.¹⁷

Na abordagem Freiriana, os temas geradores surgem por apontamentos dos estudantes ou identificados como necessidades da comunidade escolar. Já na abordagem CTS, o tema normalmente é sugerido pelo professor a partir de uma triagem sobre os interesses dos alunos e as necessidades de aprendizagens quanto à ciência, tecnologias e suas aplicações na sociedade.²⁰

Buscando formar o aluno como cidadão ativo, a proposta curricular de CTS segue uma perspectiva política da ciência, tendo como base a integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados e discutidos sob seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos. O Ensino de Ciências sob a perspectiva CTS é caracterizado pela participação ativa do aluno, portanto, o processo de ensino-aprendizagem deve ter uma concepção construtivista.¹⁸ Não há estratégias de ensino exclusivas para programas com enfoque CTS.

Esses programas costumam utilizar um número mais variado de estratégias do que outros tipos de ensino, como trabalhos em grupos, aprendizagem cooperativa, debates, jogos de papéis, simulações, resolução de problemas, entre outros. Além desses, visitas a indústrias e museus, estudos de caso envolvendo problemas reais da sociedade, entrevistas, relatório de dados e materiais audiovisuais.¹⁸

Para o desenvolvimento de materiais e atividades que abordem o Ensino de Ciências numa perspectiva CTS, Santos¹⁸ recomenda a inclusão de temas sociais que serviriam de partida para os conceitos científicos e destes retornaria aos temas. “A seleção dos temas deve atender aos interesses locais, de forma a sobressaltar os aspectos sociais e tecnológicos que se constituem em um dos componentes básicos do ensino de CTS” (p. 144-145).¹⁸

A literatura aponta que a utilização da perspectiva CTS no Ensino Médio deve considerar as experiências dos estudantes, abordando os aspectos humanos e sociais da ciência.¹⁷ Conteúdos científicos e as relações CTS devem ser abordados concomitantemente, de modo a haver interação entre ciência e tecnologia, ciência e sociedade ou tecnologia e sociedade. Também é necessário considerar aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos.¹⁹

A educação numa perspectiva CTS enfrenta problemas como a formação disciplinar dos professores, a ausência de resultados convincentes desse enfoque, a ausência do enfoque CTS em exames externos, a insegurança gerada nos professores, a escassez de material didático-pedagógico, a resistência dos professores quanto ao uso de novos materiais, a grande valorização das disciplinas em suas formas tradicionais, a falta de definições e de uma estrutura teórica sobre CTS, a falta de familiaridade dos professores com as técnicas de ensino sugeridas e o conservacionismo dos sistemas educacionais.^{13,14} Contudo, as várias possibilidades do enfoque CTS têm motivado educadores a continuar trabalhando sob essa perspectiva. Entre as possibilidades apontadas por Auler¹⁴ estão aumento do interesse e motivação dos estudantes, construção de uma imagem mais realista e contextualizada da ciência pelos alunos e professores, maior relevância às aulas de Ciências, e principalmente, compreensão contextualizada do conhecimento científico.

2.2. Unidades Temáticas

Desde a década de 1980, muitas pesquisas vêm sendo realizadas acerca das dificuldades encontradas nos processos de ensino e aprendizagem de Química.⁷ Essas pesquisas apontaram algumas alternativas para superar os resultados negativos apresentados pelo Ensino de Química, como a produção de materiais didáticos com enfoques diversificados, investimentos na formação inicial e continuada dos professores da educação básica, revisão da grade curricular dos cursos de graduação e o acesso dos professores em atividade na educação básica às novas tendências do ensino.^{6,21} No entanto, muitos professores da educação básica desconhecem materiais alternativos aos tradicionais. Como forma de enfrentar essa dificuldade, uma tendência é a possibilidade de que o professor produza seu próprio material didático por intermédio de investigação e reflexão sobre sua prática. Para tanto, é necessário que o docente questione e avalie os materiais didáticos.²²

Santos²¹ propõe a elaboração de materiais flexíveis, com estratégias e atividades variadas para o desenvolvimento do conhecimento científico em sala de aula, o que a autora chama de Unidades Temáticas (UT). Propostas semelhantes são descritas na literatura como unidades de aprendizagem, unidades de ensino autônomas e unidades didáticas contextualizadas.⁹ Assim como essas propostas, as unidades temáticas propõem uma modificação da tradicional lógica escolar centrada na memorização de equações e conceitos e em um ensino fragmentado.

Uma UT trata de um único tema e não deve ser muito extensa, sendo abordada em no máximo um mês de curso. O material elaborado precisa conter guias para professor e aluno, texto didático para o aluno, materiais e recursos alternativos, atividades e materiais para avaliação.²¹ Esse formato permite a implementação sob diversos enfoques, como o histórico, o da interface CTS e o dos 3 momentos pedagógicos.^{23,24}

Borges, Filocre e Gomes²³ e Santos²¹ apontam algumas características que consideram desejáveis em UT. A primeira é que os materiais contemham um manual destinado ao professor, que permita diversos níveis de leitura e assimilação (contemplando desde professores iniciantes até os mais experientes). A segunda é que os materiais se refiram à produção do conhecimento apenas através de casos particulares, evitando generalizações ou afirmativas gerais e vagas. A terceira característica é que ao lidar com temas socialmente controversos, os materiais devem respeitar todas as crenças e valores. Como quarta característica apontada, os materiais devem apresentar os temas de forma atraente, tanto na redação quanto na disposição gráfica. A quinta característica desejável é a utilização de diferentes recursos didáticos e atividades para alunos. Como sexta característica, os autores apontam que as propostas de avaliação de aprendizagem sejam coerentes e decorrentes dos recursos didáticos utilizados e das atividades desenvolvidas. A sétima característica diz respeito à diferente abordagem dos temas nos materiais destinados aos professores e aos alunos. Os materiais destinados aos professores devem abordar o tema no contexto do programa oficial, do currículo, dos métodos de ensiná-lo, da sua produção ou desenvolvimento histórico, das teorias científicas e das aplicações tecnológicas. Já os materiais voltados aos alunos devem ser apresentados num contexto significativo para eles através de uma vivência pessoal direta ou através da mídia. Além dessas, é possível acrescentar a correção dos conceitos científicos trabalhados, coerência metodológica e as vicissitudes do próprio currículo escolar.

Passos e Santos¹⁰ apontam como possíveis vantagens ao processo de ensino e aprendizagem da produção e utilização de UT para o Ensino de Química uma maior contextualização do ensino, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem. Durante a elaboração desse material didático, os professores tornam-se mais críticos e autoconfiantes, aperfeiçoando o domínio conceitual do conteúdo através de consulta bibliográfica especializada. De acordo com os relatos de Mól, Santos e Silva,⁶ a discussão de princípios metodológicos a serem adotados na elaboração de um material gera uma mudança de postura dos professores, à medida que passam a adotar o material elaborado e incorporam práticas inovadoras de ensino. A produção desse material didático propicia ao professor de Química uma variedade de atividades e estratégias para tratar os conhecimentos científicos. A escolha de textos atuais, aulas práticas com enfoque reflexivo, atividades

com resolução de problemas e exercícios que atendem não somente à demanda dos vestibulares, mas que gerem discussões e debates sobre os temas abordados, desenvolvem habilidades e competências que tornam possível a relação dos fenômenos cotidianos com as teorias trabalhadas em sala de aula.¹⁰

Tendo em vista as vantagens apresentadas na literatura a respeito da elaboração do próprio material didático,^{8, 24} optou-se pela elaboração de uma UT com estratégias de ensino variadas, capaz de ser utilizada em escolas com diferentes estruturas e contextos, fazendo uso de atividades práticas, visitas técnicas e outros recursos que podem ou não ser utilizados de acordo com os objetivos e condições de trabalho do professor.

3. Metodologia

A pesquisa realizada caracteriza-se pelo caráter qualitativo,²⁵ visto que apresenta um enfoque descritivo do produto educacional e interpretativo das avaliações dos professores e pesquisadores, sem apresentar a necessidade de recursos estatísticos para a análise de dados, e não busca enumerar e/ou medir os eventos estudados. Nas pesquisas qualitativas, a produção de dados acontece através de contato direto e interativo do pesquisador com a situação em estudo, sendo necessário o empenho do pesquisador em entender os fenômenos, segundo as perspectivas dos participantes da situação em estudo, estabelecendo então, sua interpretação dos fenômenos estudados.²⁵

Para análise da UT quanto à sua proximidade com a ênfase CTS, foi utilizado o instrumento elaborado por Silva e Marcondes.²² Assim, os conhecimentos trabalhados na UT foram analisados e apropriadamente distribuídos conforme a Figura 1, considerando: i. Presença de problematização inicial sobre a temática; ii. Interface entre as áreas CTS com a temática apresentada; iii. Relações entre o conhecimento específico de Química com a temática e problematizações; iv. Retomada e aplicação da temática, problematização e conteúdo em uma nova situação com vistas a resolver o problema.²² É pertinente salientar que realizou-se uma adaptação para o contexto desta pesquisa, pois as análises apresentadas por Silva e Marcondes²² foram realizadas sobre unidades didáticas contextualizadas,⁹ material didático com estrutura convergente a da UT.

Na validação, o Produto Educacional foi submetido à avaliação de cinco professores de Química do Ensino Médio, atuantes na região sul de Santa Catarina e no estado do Rio Grande do Sul, e por três professores atuantes no ensino superior com atuação na área de Ensino de Química e Físico-Química. Esses professores foram identificados aleatoriamente por professor 1 até professor 8. O instrumento orientador da avaliação foi adaptado de estudo anterior.²⁶ Trata-se de um questionário composto por perguntas discursivas enviado aos professores através

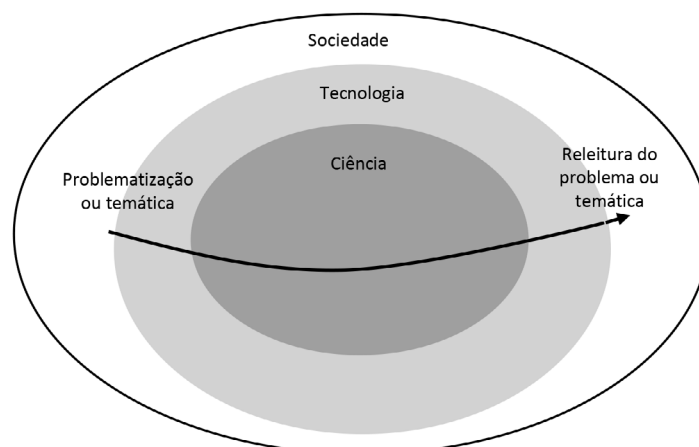


Figura 1. Instrumento de análise da UT. Adaptado de Silva e Marcondes (2015)²²

de correio eletrônico, com breve introdução dos principais objetivos deste trabalho e suas motivações, junto ao termo de consentimento para a participação da avaliação.

As questões formuladas objetivaram verificar a forma como foram abordados os conceitos na UT, bem como a clareza dos textos e das atividades propostas. Associado ao uso do instrumento,²² busca-se apresentar como os enfoques Ciência, Tecnologia e Sociedade relacionaram-se com os conteúdos conceituais de Química trabalhados na UT. Com essa análise, espera-se contribuir com um exemplar de material didático direcionado à área de ensino de Físico-Química fundamentado na perspectiva de contextualização CTS.

4. Resultados e Discussão

4.1. Elaboração da unidade temática

A Unidade Temática intitulada “Termoquímica, mineração de carvão e produção de energia elétrica no sul de Santa Catarina” apresenta diferentes recursos didáticos que visam o embasamento teórico da temática e conteúdos científicos, com ênfase no desenvolvimento de atividades de investigação e discussão sobre o contexto social em questão. Para tal, essa UT apresenta guia para os discentes, materiais e recursos alternativos, roteiros de aulas práticas, experimentos virtuais, simulações, indicação de visitas a campo e exercícios para que os educandos possam compreender mais facilmente os conteúdos trabalhados, assim como atividades e materiais para avaliação do conhecimento apropriado para realizarem um júri simulado ao final da UT, em que deverão aplicar todo o conhecimento adquirido.

A opção pela temática retratada está associada à atuação profissional da primeira autora do artigo, que desempenha seu trabalho docente na região sul de Santa Catarina, onde a atividade econômica fundamental é a mineração de carvão. O carvão é destinado à produção de energia elétrica em uma usina termoeletrica também sediada nessa região. Assim, percebe-

se que os autores elaboraram de uma UT contextualizada, conforme sugerem Borges, Filocre e Gomes²³ e Silva e Marcondes,²² ao associar os conceitos de termoquímica à realidade da região onde habitam os educandos. Além disso, estão em consonância com os princípios CTS, que defendem o ensino de Química como meio de educação para a vida, associando o conteúdo aprendido em sala de aula e o dia a dia dos alunos, formando, dessa maneira, o aluno-cidadão capaz de refletir, compreender, discutir e agir acerca da sociedade a qual está inserido.¹⁷

Cada uma das seis seções da UT inicia com uma problematização acerca dos conceitos que são trabalhados. O guia do professor encontra-se na introdução das seções, como forma de nortear a utilização do material por demais professores. As seis seções foram pensadas para serem utilizadas em conjunto ou separadamente, conforme planejamento do professor.²¹ O quadro 1 apresenta um resumo da UT.

No que diz respeito aos temas abordados, sugestões de contextualização abarcam desde questões do dia a dia, de caráter mais individual do que social, até questões sociais mais globalizadas. Essas sugestões podem, da mesma maneira, variar no que diz respeito aos objetivos assinalados para a contextualização, que se remetem a questões associadas ao papel da educação na sociedade, englobando desde a formação de indivíduos cultos até a formação de indivíduos críticos, questionadores, que defendem a construção de um projeto de sociedade, passando por instâncias intermediárias, como saber ser crítico nesse modelo de sociedade, poder julgar com conhecimento as decisões sobre Ciência e Tecnologia, e participar democraticamente dessas decisões.^{13,20}

Em relação às atividades propostas, observa-se que são aprofundadas reflexões de crítica social, econômica e cultural. Nesse sentido, a contextualização encontrada na UT contempla as Orientações Curriculares Nacionais, a qual deve formar o aluno/cidadão crítico com o desenvolvimento de atividades e valores, habilitando esse aprendiz a se posicionar e tomar decisões na sociedade.² Assim, por intermédio das atividades propostas nas cinco seções

Quadro 1. Resumo da UT “Termoquímica, mineração de carvão e a produção de energia elétrica no sul de Santa Catarina”

Seção	Objetivos	Atividades propostas
1. Combustão e energia	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer a necessidade do uso racional dos recursos energéticos e a importância do desenvolvimento de combustíveis alternativos; • Julgar os prós e contras das diferentes matrizes energéticas em relação à produção de energia e ao impacto ambiental delas decorrentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimento sobre chuva ácida; • Visita à Mina de Visitação “Octávio Fontana”, em Criciúma; • Pesquisa sobre a evolução das condições de trabalho dos mineradores, processo de beneficiamento do carvão e a disposição de rejeitos; • Visita ao Complexo Termelétrico Jorge Lacerda e à Usina Solar Cidade Azul; • Pesquisa sobre o transporte e armazenamento do carvão, o tratamento de efluentes do complexo termelétrico e a captação e devolução da água de resfriamento do complexo.
2. Calor e temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar calor e temperatura; • Compreender o funcionamento de um termômetro; • Compreender o calor como forma de energia; • Conceituar o calor como forma de energia; • Reconhecer que diferentes materiais aquecem de maneira diferente; • Compreender os princípios envolvidos na determinação da quantidade de calor liberada nas reações de combustão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimento sobre o funcionamento de um termômetro e a construção de uma escala termométrica; • Simulação computacional sobre funcionamento de uma bomba calorimétrica; • Experimento “Todos os materiais aquecem do mesmo modo?”.
3. Entalpia	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer que a energia envolvida em uma transformação química obedece à estequiometria da reação e depende dos estados físicos de reagentes e produtos; • Compreender as reações químicas como processos que envolvam a ruptura e a formação de ligações, considerando que a energia envolvida em tais processos é um parâmetro adequado para estimar a entalpia da reação; • Compreender os princípios envolvidos na determinação dos valores caloríficos dos combustíveis; • Utilizar códigos e símbolos para representar as transformações da matéria e as variações de energia envolvidas nessas transformações; • Identificar informações relevantes fornecidas em imagens, esquemas e gráficos; • Utilizar a lei de Hess para calcular a variação de entalpia de uma reação; • Analisar e interpretar gráficos referentes a reações endotérmicas e exotérmicas; • Empregar valores tabelados de entalpias-padrão de combustão ou de entalpias-padrão de formação ou de energias de ligação para estimar a variação de entalpia de uma reação; • Aplicar o conceito de poder calorífico, por meio de uma situação-problema em que se discute qual o melhor combustível para uma locomotiva entre carvão, lenha e óleo diesel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação “E agora, maquinista?”,³² onde os alunos precisam ajudar um maquinista a escolher a melhor opção de combustível para sua Maria-fumaça considerando poder calorífico e custo dos combustíveis; • Experimento “Determinando o calor de combustão do álcool etílico (etanol) e do querosene”.³³ Com materiais simples, os alunos podem estimar o calor de combustão do álcool etílico e/ou do querosene; • Exercícios sobre a lei de Hess.
4. Entropia	<ul style="list-style-type: none"> • Definir entropia; • Relacionar a entropia à espontaneidade de processos. 	
5. Energia livre de Gibbs	<ul style="list-style-type: none"> • Definir energia livre de Gibbs; • Compreender os fatores que favorecem a espontaneidade de uma transformação química. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exercícios.
6. Finalização		<ul style="list-style-type: none"> • Júri simulado.

iniciais, os alunos são levados a problematizações, a realizar experimentos, a refletir criticamente a respeito dos benefícios e malefícios da utilização de combustíveis fósseis para um mundo moderno que, cada vez mais, necessita de energia. Os estudantes são instrumentalizados com informações relacionadas à química e a seus compostos e equações, à tecnologia utilizada para a obtenção de energia e como tudo isso repercute na sociedade em que vivemos. Durante o desenvolvimento da UT, por mediação do professor, os aprendizes têm condições de compreender que a produção de energia elétrica por intermédio do carvão mineral pode causar sérios problemas ambientais devidos à mineração e às cinzas e gases produzidos na queima do carvão.

A série de atividades da UT fornece ferramentas para que os estudantes realizem a última tarefa, um júri simulado (seção 6). Os educandos devem supor que o Governo Federal tenha planos para ampliar a capacidade produtiva do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, o que implicaria no aumento do consumo de carvão mineral do complexo. Para avaliar a viabilidade econômica, ambiental e social de implantação do projeto, uma audiência pública é proposta com a participação dos seguintes segmentos:

- Instituto do Meio Ambiente (IMA) e ativistas ambientais;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar;

- Representantes do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda;
- Sindicato das Indústrias de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina e representantes dos mineradores de carvão;
- Especialistas das universidades da região;
- Representantes dos moradores dos municípios das regiões de Criciúma (AMREC) e Laguna (AMUREL), que serão os jurados;
- Promotoria;
- Defensoria;
- Juiz.

O evento seria coberto pela imprensa através de duas empresas: uma do segmento de mídia hegemônica e outra, de mídia alternativa. Dessa maneira, cada aluno ou grupo de alunos desempenharia um papel, tendo a responsabilidade de defender os interesses do papel que lhe coubesse, apresentando seus argumentos para tal.

Essa atividade final proposta na UT pode levar os aprendizes a se posicionarem e a tomarem decisões, refletindo e sendo críticos sobre os problemas que os cercam. Constata-se, assim, na construção dessa UT, o modelo estrutural proposto com o intuito de elaborar uma unidade temática contextualizada.¹⁰ Tendo em vista o propósito da contextualização, um material didático deve ser apresentado a partir de uma problematização social com a finalidade de compreendê-la estruturalmente com fundamentação em conhecimentos químicos convenientes relacionados a aspectos científicos e tecnológicos.

Além dos aspectos relacionados à contextualização, a UT “Termoquímica, mineração de carvão e a produção de energia elétrica no sul de Santa Catarina” foi construída considerando a abordagem CTS como princípio norteador. Nesse sentido, observa-se que a UT analisada contempla os princípios da perspectiva CTS no contexto educacional sugeridos por Acevedo,²⁷ a saber: (a) aumento e compreensão dos conhecimentos científicos e tecnológicos, assim como suas associações e diferenças, com o intuito de atrair mais aprendizes para estudos relacionados à ciência e à

tecnologia; (b) uma maneira de fomentar os valores próprios da ciência e da tecnologia para entender o que delas se pode aportar na sociedade, levando-se em consideração, da mesma forma, aspectos éticos essenciais para uso mais responsável, e (c) um enfoque que possibilite aos educandos obterem maior entendimento dos impactos sociais da ciência e da tecnologia, possibilitando, desse modo, a participação informada na sociedade civil.

Ademais, verificou-se através do instrumento de análise proposto por Silva e Marcondes,²² que a UT elaborada procura integrar as três áreas da dimensão CTS. Na Figura 2, destacam-se os conteúdos relacionados à produção de energia a partir de combustíveis fósseis como uma discussão socioambiental. Com relação a aspectos tecnológicos, é proposto um estudo de mineração do carvão, termômetro e usinas termoelétricas. Na análise do material didático em questão, percebe-se que a energia elétrica e as atividades industriais foram apresentadas no âmbito das dimensões Tecnologia e Sociedade. Para a área da Ciência, a unidade se propôs a discutir conhecimentos de combustão, energia, calor, temperatura, entalpia, entropia e energia livre de Gibbs. Em uma perspectiva socioambiental, é proposto um estudo sobre uso racional dos recursos energéticos. Por fim, a unidade aborda a importância do desenvolvimento de combustíveis alternativos em um contexto social.

Frente ao conjunto de dados, infere-se que a UT contempla o enfoque CTS e seus princípios, por partir da temática mineração do carvão para desenvolver os conceitos que, por sua vez, são abordados com vista à compreensão do contexto, num processo de retroalimentação. Por fim, pela proximidade dos estudantes à mina, o contexto se transformou em objeto de estudo tão ou mais importante que os conhecimentos científicos.

4.2. Avaliação da unidade temática

Quanto à avaliação da UT, a primeira indagação do questionário fazia referência à necessidade de correções conceituais. Dentre as respostas recebidas, apenas duas

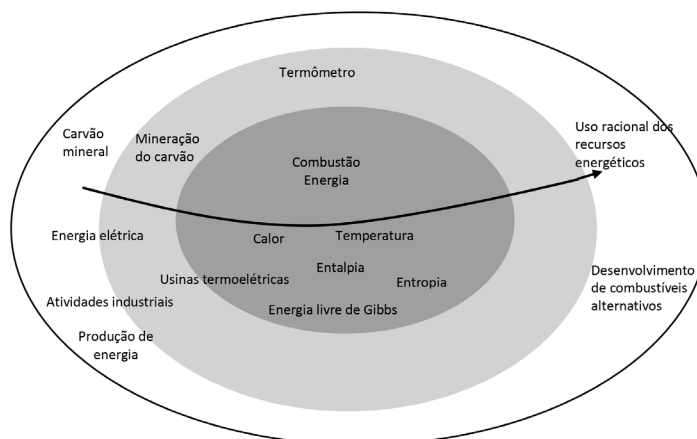


Figura 2. Estrutura conceitual da UT “Termoquímica, mineração de carvão e a produção de energia elétrica no sul de Santa Catarina”

indicaram necessidade de adequação: “*Sim, para calor e energia, entropia e função de estado*” (professor 5), “*A entropia pode ser melhor explicada com a possibilidade de distribuir as moléculas em um recipiente*” (professor 6). As correções apontadas foram realizadas na versão final da UT.¹¹ Como exemplo, destaca-se a correção quanto à apresentação do conceito de entropia relacionado à desordem do sistema. Inicialmente, a UT apresentava a frase “Uma possível definição para entropia pode ser a medida de desordem de um sistema”. Após as contribuições dos avaliadores, adequou-se o conceito para “A entropia é uma medida da dispersão de energia de um processo”, de acordo com Atkins e de Paula (p. 80).²⁸ Também foi acrescentada uma explicação de entropia utilizando-se a expansão de um gás em um recipiente. Destaca-se que esse conceito, assim como outros de Físico-Química, são apontados na literatura pela dificuldade que existe em seu aprendizado.²⁹ Estudo realizado por Silva et al.,³⁰ analisando o desempenho dos candidatos nas questões de Química no concurso vestibular da Unesp no período de 1990 a 2006, aponta que os conteúdos de Físico-Química são aqueles em que os vestibulandos apresentam maior dificuldade. Seja na Educação Básica ou no Ensino Superior, há estudos que apontam lacunas que incluem até mesmo a propagação de conceitos errôneos, como a entropia ser a desordem de um sistema.³¹

De toda forma, não foram apontadas ausências de conceitos fundamentais. Os avaliadores atuantes no Ensino Médio assinalaram que o trabalho com os conceitos de entropia e energia livre de Gibbs não é comum nesse nível de ensino, devido à pequena carga horária da disciplina, mas consideraram o nível de aprofundamento dos conceitos adequado ao nível de ensino: “*O embasamento teórico é muito amplo. Material rico em vários aspectos*” (professor 1).

Questionados com relação à clareza da explanação dos conceitos e contextos para a compreensão e realização das atividades propostas, todos os avaliadores consideraram que os conceitos e contextos estão apresentados claramente. Dentre as respostas, destacamos “*Tem conceitos além do que são trabalhados no nível médio. Eu não consigo trabalhar entropia e energia de Gibbs.*” (professor 3).

Considerando-se que o material poderá ser utilizado em diferentes contextos escolares, durante a elaboração da UT foram propostas alternativas às atividades práticas, como exibição de vídeos ou simulações computacionais, para as escolas que não têm espaço físico para a realização de atividades práticas.

Com relação à adequação do aprofundamento da UT para o Ensino Médio, todos os avaliadores consideraram o aprofundamento adequado. Um avaliador sugeriu que fossem explicitados os aspectos históricos da construção das equações: “*Sugiro descrever o desenvolvimento das equações de um ponto de vista histórico para que a matemática seja contemplada adequadamente. Tentar responder ‘de onde vêm as equações?’*” (professor 5). No entanto, considera-se que a abordagem matemática, com as derivações das equações, alongaria em demasia o material. Além disso, a UT foi

elaborada para o Ensino Médio, logo compreende-se que a abordagem CTS poderá favorecer os processos de ensino-aprendizagem dos conceitos de termoquímica ao relacioná-los à região de residência dos estudantes.

Todos os avaliadores consideraram que o material elaborado e as atividades propostas favorecem a compreensão dos impactos sociais e ambientais relativos à mineração de carvão e à utilização de fontes não renováveis de energia para a produção de energia elétrica.

Com relação à contemplação da perspectiva CTS na UT, todos os avaliadores consideraram que o material está de acordo com a perspectiva. Dentre as respostas, destaca-se: “*Sim, o material está bem completo a fim de atender todas as necessidades relacionadas ao CTS*” (professor 1).

A avaliação dos professores converge ao pensamento de que a UT cumpre os requisitos de uma abordagem CTS ao permitir que sejam abordados conceitos nos três enfoques. Conforme Santos e Mortimer,¹⁷ a abordagem CTS visa promover a educação científica e tecnológica dos alunos, de forma a desenvolver habilidades, construir saberes e adquirir os valores necessários para atuarem como cidadãos responsáveis em áreas relacionadas à ciência e ao emprego de suas tecnologias na sociedade.

É pertinente salientar que diversas sugestões foram consideradas para o aprimoramento do material, desde sugestões de materiais complementares, correções em unidades de medida e conceitos. Esses acréscimos permitiram o aperfeiçoamento da UT e validação do produto educacional para os fins acadêmicos e para divulgação da proposta como um exemplar de material didático fundamentado na perspectiva CTS e que atende as demandas do ensino de Físico-Química na educação básica.

5. Conclusão

O Produto Educacional desenvolvido neste trabalho no formato de uma Unidade Temática buscou atender às necessidades do trabalho dos conceitos relacionados à Termoquímica, considerando-se as mais variadas organizações dos espaços escolares, dentro de uma perspectiva CTS.

Entende-se que a ciência contextualizada e atividades que promovam a participação através de debates, pesquisas, discussões e júri simulado, com a mediação do professor, tendem a aumentar o interesse pela ciência e a compreensão de suas relações com a sociedade e a tecnologia. A UT facilita a aproximação dos(as) alunos(as) com os conceitos trabalhados, além de possibilitar maior interação dos estudantes durante as aulas. A problematização e os objetivos propostos no início de cada seção, além da diversidade de atividades propostas, permitem ao professor diversas formas de trabalho com os conceitos de Termoquímica.

As avaliações da UT foram positivas, demonstrando a adequação do material elaborado à perspectiva de contextualização CTS e ao nível de ensino ao qual foi proposto. A elaboração de um material didático que

contemple não apenas conceitos científicos, mas abrangendo questionamentos que envolvam situações dentro da sociedade auxiliem o processo de ensino-aprendizagem. Assim, é possível o desenvolvimento de novas perspectivas e ações que conscientizam acerca da responsabilidade e preparem o estudante para o exercício da cidadania, conforme preconizado na legislação educacional brasileira.

Dessa forma, compreende-se que a UT elaborada neste trabalho pode contribuir com a formação integral dos estudantes, bem como proporcionar aos professores alternativas para suas aulas, através de um conjunto de informações e ferramentas disponíveis, cabendo aos docentes decidirem sua maneira de uso.

Referências Bibliográficas

1. Brasil. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm>. Acesso em: 2 outubro 2020.
2. Brasil. Ministério da Educação. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Ministério da Educação: Brasília, 2006.
3. Ely, C. R.; Lindner, E. L.; Amaral, L. C.; Bom, M. H. H.; Lettres, Raquel, A.; *Diversificando em Química: propostas de enriquecimento curricular*, 2a. ed, Mediação: Porto Alegre, 2013.
4. Santos, A. O; Silva, R. P; Andrade, D; Lima, J. P. M.; Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia Plena* **2013**, 7, 9. [[Link](#)]
5. Tokarnia, M.; Simulado do Enem: química e física são as áreas de maior dificuldade. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-05/simulado-do-enem-quimica-e-fisica-sao-areas-de-maior-dificuldade>>. Acesso em: 2 outubro 2020.
6. Mól, G. S; Santos, W. L. P; Silva, R. R.; *Projeto de Ensino de Química em um contexto social – PEQS – produção de material didático como formação continuada de professores*, Fazendo Escola, Moderna Online: São Paulo, 1998.
7. Schnetzler, R. P.; A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova* **2002**, 25, 14. [[Link](#)]
8. Soares, F. A; Selbach, A. L; Passos, C. G.; Thematic unit on cleaning in Chemistry teaching: an example of the perspective of Science, Tech and Society. *Research, Society and Development* **2020**, 9, 8. [[CrossRef](#)]
9. Marcondes, M. E. R.; Silva, E. L. D.; Torralbo, D.; Akahoshi, L. H.; Carmo, M. P.; Suart, R.; Souza, F.; *Oficinas temáticas no ensino público visando a formação continuada de professores*, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: São Paulo, 2007.
10. Passos, C. G; Santos, F. M. T.; *XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, Curitiba, Brasil, 2008. [[Link](#)]
11. Livramento, G.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.
12. Cruz, S. M. S. C. S.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. [[Link](#)]
13. Amorim, A. C. R.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, 1995. [[Link](#)]
14. Auler, D.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. [[Link](#)]
15. Strieder, R. B.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, 2012. [[Link](#)]
16. Roehrig, S. A. G; Assis, K. K.; Czelusniak, S. M.; *Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, Brasil, 2011. [[Link](#)]
17. Santos, W. L. P; Mortimer, E. F.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em educação em ciências* **2002**, 2, 1. [[CrossRef](#)]
18. Santos, W. L. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, 1992. [[Link](#)]
19. Roehrig, S. A. G; Camargo, S.; Educação com enfoque CTS em documentos curriculares regionais: o caso das diretrizes curriculares de Física do estado do Paraná. *Ciência & Educação* **2014**, 20, 871. [[CrossRef](#)]
20. Auler, D.; Dalmolin, A. M. T.; Fenalti, V. S.; Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* **2009**, 2, 67. [[Link](#)]
21. Santos, F. M. T.; Unidades Temáticas – produção de material didático por professores em formação inicial. *Experiências em Ensino de Ciências* **2007**, 2, 1. [[Link](#)]
22. Silva, E. L; Marcondes, M. E. R.; Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. *Ciência & Educação* **2015**, 21, 65. [[CrossRef](#)]
23. Borges, O. N; Filocre, J; Gomes, A. E. Q.; *Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*. Belo Horizonte, Brasil, 1997. [[Link](#)]
24. Fonseca, C. V; Loguercio, R. Q.; Conexões entre Química e Nutrição no Ensino Médio: Reflexões pelo Enfoque das Representações Sociais dos Estudantes. *Química Nova na Escola* **2013**, 35, 132. [[Link](#)]
25. Ludke, M; André, M. E. D. A.; *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*, 2a. ed. E. P. U.: Rio de Janeiro, 2013.
26. Nectoux, A. S.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. [[Link](#)]
27. Acevedo, J. A.; Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Boletín de Área de Cooperación Científica de la OEI*, 2001, 1, 15. [[Link](#)]
28. Atkins, P. W; de Paula, J.; *Físico-Química*, 9a. ed, LTC: Rio de Janeiro, 2015.
29. Keifer, D.; Enthalpy and the second law of Thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, Washington **2019**, 96, 1407. [[CrossRef](#)]
30. Silva, C. S. D.; Maruyama, J. A.; Oliveira, O. M. M. D. F.; Oliveira, L. A. A.; Questões de Química no Concurso Vestibular da Unesp: desempenho dos estudantes e conceitos exigidos nas provas. *Química Nova na Escola* **2010**, 32, 14. [[Link](#)]
31. Lambert, F. L.; Configurational Entropy Revisited. *Journal of Chemical Education* **2007**, 84, 1548. [[CrossRef](#)]
32. Laboratório Didático Virtual – Escola do Futuro – USP. Simulação: E agora, maquinista? [[Link](#)]
33. Mortimer, E. F; Machado, A. H.; *Química*, 2a. ed, Scipione: São Paulo, 2014.