



ENSINO & MULTIDISCIPLINARIDADE

Jan. | Jun. 2017 – Volume 3, Número 1, p. 38-58.

Utilização e avaliação de *softwares* no ensino de gases ideais: uma proposta de unidade didática para o ensino médio

Use and evaluation of softwares in the teaching of ideal gases: a teaching unit proposal for high school

Wesley Cabral de Oliveira¹ - <https://orcid.org/0000-0001-5614-9048>

Marcelo Maia Cirino² - <https://orcid.org/0000-0002-5377-382X>

Ourides Santin Filho³ - <https://orcid.org/0000-0001-5128-5390>

¹Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, área de Ensino de Matemática, pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/PR). Professor de Matemática em colégios da rede pública estadual (SEED/PR) e privada (PLATÃO), Maringá, Paraná, Brasil. E-mail: wesbral@hotmail.com.

²Doutor em Educação para a Ciência, área de Ensino de Química, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/SP). Professor Associado do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: mmcirino@uel.br.

³Pós-doutor na área de Fluidos Complexos pela Université Louis Pasteur, Strasbourg, França (LDFC/ULP-FR). Professor Associado do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil. E-mail: osantin@uem.br.

Resumo

Este trabalho, de caráter qualitativo, investigou o processo de significação de conceitos físico-químicos da *Teoria Cinética dos Gases*, a representação gráfica das transformações de estado (isotérmica, isobárica e isovolumétrica) para um gás ideal e avaliou os *softwares* empregados. A coleta de dados foi feita através de questionários e capturas de tela, e ocorreu durante a implementação de uma unidade didática elaborada para esse fim. Os sujeitos da investigação foram estudantes do segundo ano do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino de Maringá, PR. Utilizamos como pressupostos teóricos os estudos relacionados à Teoria da Ação Mediada, de James Wertsch. A pesquisa procurou identificar as principais dificuldades que os estudantes desse nível de ensino evidenciam durante o processo de elaboração de significados sobre o comportamento dos Gases Ideais e suas representações gráficas, com base no estudo das transformações de estado. Entendemos que houve uma perceptível interferência, não exclusiva, na significação dos enunciados e na elaboração dos gráficos ao utilizar os *softwares GeoGebra* e *Propriedade dos Gases (PhET)*. Em relação ao “domínio” e “apropriação” dos gêneros discursivos, nossas análises apontam que houve “domínio” das ferramentas culturais pela maioria dos sujeitos, e “apropriação”, nas mesmas condições de estudo, por uma parcela menor deles.

Como citar: OLIVEIRA, W. C.; CIRINO, M. M.; SANTIN FILHO, O. Utilização e avaliação de softwares no ensino de gases ideais: uma proposta de unidade didática para o ensino médio. **Ensino e Multidisciplinaridade**, São Luís, v. 3, n. 1, p. 38-58, 2017.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Palavras-chave: Elaboração de significados. Teoria da Ação Mediada. *GeoGebra*. Gases Ideais.

Abstract

The research has investigated qualitatively the defining process of the physico-chemical concepts on the *Kinetic Theory of Gases*, the graphic representation of state transformations (isothermal, isobaric and isovolumetric) for ideal gases and evaluated the used *softwares*. Data collection was carried out through questionnaires and screenshots during the implementation of a didactic unit designed for this purpose. The subjects of the investigation were students of the second year of High School of the State Education System of Maringá, PR. We use as theoretical assumptions the studies related to James Wertsch's Theory of Mediated Action. The research sought to identify the main difficulties that students at this level of education show during the process of elaborating meanings about the behavior of Ideal Gases and their graphic representations based on the study of state transformations. We understand that there was a noticeable, non-exclusive, interference in the significance of the statements and in the elaboration of the graphics when using the *softwares GeoGebra* and *Property of Gases (PhET)*. As to the "domain" and "appropriation" of the discursive genres, our analyzes show that there was "domain" of the cultural tools by most of the subjects, and "appropriation", under the same study conditions, by a smaller portion of them.

Keywords: Elaboration of meanings. Theory of Mediated Action. *GeoGebra*. Ideal Gases.

Introdução

O Estudo dos Gases é um conteúdo comum às disciplinas de Física e Química na Educação Básica. Na Química, ele é abordado no primeiro ano do Ensino Médio e, na Física, usualmente, no segundo ano. A adoção desse currículo para essas disciplinas está de acordo com as Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná (DCE/PR).

Além de ser um conteúdo interdisciplinar, o Estudo dos Gases permite a utilização de inúmeros exemplos práticos, o que facilita sua contextualização. É, portanto, uma ótima oportunidade para o professor de Física/Química propor atividades investigativas e construtivas aos estudantes. Segundo Maldaner et. al. (2007), devido à sobrecarga curricular do primeiro ano na disciplina de Química, o professor, antes de abordar o conteúdo relacionado ao Estudo dos Gases, privilegia todo o conteúdo relacionado à matéria e suas transformações, e acaba deixando de abordá-lo, ciente de que o estudante o verá no próximo ano na disciplina de Física. Por outro lado, o professor de Física, ao abordar esse conteúdo no segundo ano, acredita que o estudante já teve contato com o mesmo na disciplina de Química, e acaba abordando-o de maneira rápida e superficial, contemplando os demais conteúdos curriculares das DCE/PR.

Para Zanon e Maldaner (2007), o professor e os livros didáticos apresentam, usualmente, a Teoria Cinética dos Gases e a Equação de Estado dos gases ideais, cabendo ao estudante apenas resolver cálculos referentes à mesma. Não há nessas circunstâncias, em sala de aula, oportunidades para que o estudante faça as possíveis articulações entre as propriedades dos gases ideais e a descrição matemática de seu comportamento, através das variáveis de estado, ou ainda, as transformações a que um gás ideal pode ser submetido e seus possíveis resultados. Por exemplo: o que acontece ao variar a pressão ou a temperatura de um gás, mantendo seu volume constante?

Dessa forma, é válido o professor se utilize das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em sala de aula para promover atividades investigativas, uma vez que as transformações tecnológicas têm provocado um grande impacto na sociedade contemporânea, e nos últimos anos está transformando o processo de ensino-aprendizagem (VALENTE, 2005). Entretanto, cabe ao professor, além de conhecer o conteúdo específico que possui por objetivo ensinar, conhecer metodologias de ensino diversificadas e recursos tecnológicos que sejam acessíveis ao professor e aos estudantes, a fim de promover melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os recursos tecnológicos podem “[...] ser utilizados para gerar situações de aprendizagem com maior qualidade, ou seja, para criar ambientes de aprendizagem em que a problematização, a atividade reflexiva, atitude crítica, capacidade decisória e a autonomia, sejam privilegiadas” (BRASIL, 1998, p. 141).

Por mais que os recursos tecnológicos digitais tenham demorado a ser inseridos no ambiente escolar, a escola precisa se reinventar, pois os estudantes, a cada dia, têm mais dificuldades de adaptação às propostas de aulas baseadas no ensino tradicional, centradas na memorização e no discurso unívoco do professor. Como possuem contato com essas tecnologias em seu cotidiano extra-escolar, acabam, por consequência, levando para a escola novidades tecnológicas muitas vezes desconhecidas e/ou desconsideradas pela maioria dos professores.

Na perspectiva de uso de novas abordagens, como a utilização das TIC, pretendeu-se, neste trabalho, investigar se ocorrem situações de *domínio* e *apropriação* das ferramentas culturais (conceitos inclusive) e como se processa a elaboração de significados em estudantes do segundo ano do Ensino Médio, na disciplina de Física, durante o desenvolvimento do estudo dos Gases Ideais. Para tanto, utilizando softwares específicos, os estudantes puderam explorar as propriedades dos gases e visualizar seus comportamentos por meio de modificação de parâmetros para as variáveis termodinâmicas de pressão, volume e temperatura, assim como suas representações gráficas no plano cartesiano para as transformações de estado isobárica, isovolumétrica e isotérmica.

O comportamento termodinâmico dos gases

Analisar o comportamento térmico dos gases permite verificar como suas variáveis, (temperatura, pressão e volume) se relacionam. Este ramo especial da Físico-Química, denominado Termodinâmica, é uma ciência que vai muito além de estudar as relações entre pressão, volume e temperatura dos gases, pois lida com as trocas de energia no Universo e investiga o comportamento dos sistemas condensados. O estudo dessas relações fornece subsídios para se compreender como essas variáveis de estado se relacionam e se comportam nos gases. A noção de energia é uma das noções universais que constituem fundamentos de paradigmas, junto com tempo, massa e outras. A noção de energia vem mudando historicamente e não deve ser confundida com a noção de calor (GOMES, 2012). A consolidação dessas noções e suas diferenciações se deu no século XIX, sobretudo pela investigação da natureza física dos gases.

O estado físico de uma amostra de substância se define por suas propriedades físicas; duas amostras de uma substância que tem as mesmas propriedades físicas estão no mesmo estado. O estado de um gás puro, por exemplo, fica definido pelos valores do volume que ocupa, V , da quantidade de substância (número de moles), n , da pressão, p , e da temperatura, T . No entanto, verificou-se, graças ao grande número de observações experimentais, que basta determinar três dessas variáveis para que seja também determinada a quarta (ATKINS, 1999, p. 2).

De acordo com o autor, basta encontrar três variáveis de um gás para que seja possível determinar a quarta. De fato, é dessa maneira que se define a equação geral de estado de um gás: $p = f(T, V, n)$. Tal equação é fruto da combinação de várias leis empíricas: lei de Boyle e lei de Charles e Gay-Lussac, além do princípio de Avogadro.

O autor também aponta que “Robert Boyle, em 1661, aproveitando sugestão de um correspondente, John Townley, mostrou que, com boa aproximação, a pressão e volume de uma quantidade fixa de gás, à temperatura constante, estão relacionados de maneira inversa” (ATKINS, 1999, p. 15). Em outras palavras, Boyle comprovou que, a uma mesma temperatura,

a pressão de uma amostra gasosa é inversamente proporcional ao seu volume. Posteriormente, o químico francês Jacques Charles elucidou, em 1787, outra importante propriedade dos gases em seus estudos, mantendo-se amostras a pressão constante. Charles estabeleceu que, mantendo a pressão constante, o volume é diretamente proporcional à temperatura.

As primeiras leis exemplificadas acima estão amplamente discutidas nos livros didáticos como transformação isotérmica (que ocorre à temperatura constante) e transformação isobárica (que ocorre à pressão constante). Por fim, temos a transformação isovolumétrica, na qual o volume é mantido constante. “A lei que governa essa expressão estabelece que a pressão exercida por determinada massa gasosa é diretamente proporcional à sua temperatura se o volume for mantido inalterado.” (OLIVEIRA, 2010, p. 184).

A partir da contribuição de Avogadro, que elaborou a hipótese de que volumes iguais de gases, nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas, chegou-se à Lei dos Gases Perfeitos, que é utilizada na aplicação deste trabalho.

$$pV = n \cdot R \cdot T \quad \text{Equação dos Gases Ideais (1)}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{Aplicação da equação dos Gases Ideais (2)}$$

Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC

Em pleno século XXI é impossível pensarmos na vida humana sem o uso de tecnologias, sem usufruirmos de ferramentas capazes de facilitar nossas vidas, não importando o segmento de aplicação, seja em nossa residência, trabalho ou na sociedade como um todo.

De modo geral, as tecnologias estão presentes em todos os lugares e em todas as atividades humanas, visto que qualquer atividade que o homem execute ou venha a executar será consequência do produto/equipamento por ele desenvolvido e historicamente aprimorado.

É sabido que o homem vem se desenvolvendo desde a gênese de sua espécie, mas foi no final do século XVIII — quando se inicia a História Contemporânea, segundo o modelo de divisão europeu chamado Quadripartite — que o modo de vida humano muda constantemente. Invenções como a luz elétrica, o telefone, a televisão, o computador e a internet são algumas ferramentas tecnológicas que vêm revolucionando a vida humana desde então.

Diante de tantos avanços tecnológicos, o uso de computadores tornou-se um caminho irreversível, passando a fazer parte de nossas vidas com naturalidade em praticamente tudo que fazemos. Nas últimas décadas, esse aparato tecnológico se disseminou pela sociedade e o aprimoramento de seu potencial de processamento tem aumentado exponencialmente.

Atualmente, é espantosa a tecnologia que muitos de nós carregamos na palma de nossas mãos em forma de computadores de mão, os *smartphones*. Esses aparelhos estão interconectados e a informação trafega na rede (internet) em velocidades tão altas, que em alguns momentos há a impressão de que os materiais impressos vão se tornar obsoletos.

Percebe-se, então, o quanto a rede mundial de computadores tem se tornado popular, no sentido de ser amplamente utilizada, tornando-se indispensável nos dias de hoje.

O filósofo e professor francês Pierre Lévy (1999) descreve as possibilidades que a tecnologia oferece ao conhecimento humano e defende que a principal mudança que se verifica nos processos de aprendizagem é de natureza qualitativa, estabelecendo novos paradigmas para a aquisição dos conhecimentos, a formação de competências básicas e constituição dos saberes. De certa maneira, a implementação das TIC no processo de ensino-aprendizagem seria uma

maneira interessante de auxiliar o estudante a melhor compreender os conteúdos científicos dentro e fora da escola. Entretanto, essa é uma realidade que ainda precisa ser modificada, pois muitos professores possuem dificuldades em trabalhar os conteúdos científicos com auxílio das tecnologias disponíveis. “Essa é uma realidade que precisa mudar em curto espaço de tempo, em virtude da necessidade da escola acompanhar os processos de transformação da sociedade, atendendo às novas demandas”, pois há “[...] pouco conhecimento e domínio, por parte dos professores, em utilizar os recursos tecnológicos na criação de ambientes de aprendizagem significativa” (BRASIL, 1998, p. 142). Logo, é preciso que os professores se aperfeiçoem continuamente, pois a escola está se distanciando, a cada dia, da realidade em que vivemos.

Souza e Yonezawa (2006, p. 241) afirmam que o professor deve assumir “[...] novas tarefas e responsabilidades, como membro da comunidade e como agente de mudança no sistema social, ele precisa [...] procurar construir conhecimentos ao invés de apenas transmiti-los”.

Desta maneira, cabe a ele saber orientar seus estudantes, de modo a instruí-los a aprender conceitos pela obtenção de informações, como tratá-las e o que fazer com elas, uma vez que é o responsável pela aprendizagem e deve, constantemente, estimular e mediar esse processo, seja ele individual ou coletivamente. Nessas circunstâncias, o uso do computador nas aulas de Ciências é extremamente importante, pois “não há lugar para dúvidas sobre quão profundas são as alterações decorrentes da introdução do computador nas práticas escolares, ainda que lhe possam atribuir unicamente a não desprezível função de veicular conceitos” (GIORDAN, 2013, p. 106). Assim, o professor pode se utilizar dos vários recursos tecnológicos que a escola dispõe, como os computadores do laboratório de informática, e conduzir a aprendizagem “a partir da exposição de conceitos [...], seja por meio da manipulação direta por parte do estudante, ou ainda pela combinação destas e de outras formas de interação”, pois o computador “altera, em maior ou menor grau, a organização do ensino, porque [...] produz formas de interação social e de mediação ainda não experimentadas” (GIORDAN, 2013, p. 106-107). A exemplo dessa interação entre estudante e computador, tendo o professor como o principal mediador no processo de aprendizagem, apresentamos a seguir, o que entendemos por simulação e os dois *softwares* utilizados na pesquisa, que auxiliaram os estudantes a compreenderem os conceitos referentes às propriedades dos gases ideais.

Softwares de simulação

O uso do computador na educação, mais precisamente o uso de *softwares* educacionais como ferramentas em potencial para auxiliar a aprendizagem do estudante, tem sido objeto de estudo de educadores e profissionais ligados à informática, que buscam empregar teorias educacionais representativas no desenvolvimento de ferramentas computacionais adequadas.

Para Valente (2005), o que tem fundamentado os estudos sobre *softwares* educacionais são as teorias interacionistas com abordagem cognitivista, pois fornecem lastro considerável para a compreensão do processo de aprendizagem em forma de espiral, ou ainda, ciclo. De acordo com Valente (1999), esse modelo é de extrema importância na aquisição de novos conhecimentos por parte do aprendiz, sendo desempenhado em cinco etapas: descrição, execução, reflexão, depuração e descrição. A descrição ocorre quando o aprendiz insere ou descreve uma sequência de comandos ou informações no computador — nesse caso, no *software*; a execução ocorre quando o *software* responde a esses comandos; a reflexão ocorre quando o aprendiz analisa os resultados apresentados pelo *software* e verifica se o que foi executado condiz com o que foi descrito. Essa ação gera reflexões que confirmam ou negam as premissas que o levaram à descrição inicial, acarretando na depuração, a fim de corrigir ou aperfeiçoar o processo, seguido de uma nova descrição. Neste momento, o ciclo retoma sua

posição inicial até que os objetivos estabelecidos sejam alcançados ou que se perceba a existência de uma lacuna conceitual que não pode ser superada pelo aprendiz sem a intervenção humana, ou seja, sem a mediação do professor. Desta forma, esse modelo não poderá ser considerado como um ciclo fechado, pois representa a ideia de espiral, uma vez que a cada reflexão tem um novo nível de desenvolvimento do aprendiz no processo como um todo.

Além do ciclo de aprendizagem, Valente (2005) apresenta uma categorização de *softwares* quanto ao seu emprego na educação, pois apresentam características mais ou menos explícitas ao processo de construção do conhecimento: tutoriais, programação, processadores de texto, multimídia, simulações e modelagens e jogos. Para os fins desta pesquisa, utilizaremos apenas a categoria de simulação e modelagem, com foco no emprego da simulação no ambiente escolar.

Para o autor, simulação é um modelo pré-definido que representa um fenômeno qualquer, e o aprendiz tem a permissão para manipular parâmetros que interferem em seu comportamento. Esse modelo ainda pode ser descrito em outras duas subcategorias, denominadas por aberta e fechada. A simulação aberta permite ao aprendiz alterar os parâmetros envolvidos e também modificar algumas regras que compõem o modelo, ampliando-o. A simulação fechada permite apenas a alteração de um número restrito de parâmetros, e o aprendiz não tem a possibilidade de interferir na forma como os parâmetros interagem ou nas regras de comportamento do modelo.

Nessa mesma perspectiva, Marques e Caetano (2002) argumentam que os *softwares* de simulação são capazes de criar situações reais na tela do computador, constituindo-se como verdadeiros laboratórios, onde o estudante, em seus experimentos, pode manipular uma série de variáveis que poderão influenciar no resultado final. Assim, o estudante tem a oportunidade de poder observar todo o processo de desenvolvimento da experiência, podendo inclusive, refazer as experiências por quantas vezes achar conveniente.

Tomaremos como base para esta pesquisa as indicações apresentadas por Valente (1999) para os *softwares* de simulação abertos, privilegiando que o aprendiz “[...] se envolva com o fenômeno, procure descrevê-lo em termos de comandos ou facilidades fornecidas pelo programa de simulação e observe as variáveis que atuam no fenômeno e como elas influenciam o seu comportamento” (VALENTE, 1999, p. 201). Os *softwares* educacionais de simulação escolhidos para a pesquisa foram o Propriedades dos Gases (PhET - Física e Química) e o *GeoGebra* (Matemática), que serão apresentados a seguir.

Propriedade dos gases - PhET

PhET é um Programa de Simulação Interativa idealizado por Carl Edwin Wieman, vinculado à Universidade do Colorado, Estados Unidos. Depende de contribuições financeiras de vários órgãos não governamentais, já que não possui fins lucrativos e oferece, gratuitamente, simulações interativas de fenômenos físicos baseados em pesquisa. Até o presente momento já foram distribuídas mais de 90 milhões de simulações nas áreas da Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática.

É importante salientar ainda que as simulações disponíveis possuem versões traduzidas para vários idiomas, são intuitivas, fáceis de usar e de serem incorporadas em sala de aula. Como são escritas em linguagens de programação Java™ e Flash™, elas podem ser executadas diretamente em qualquer navegador de internet, desde que esses recursos estejam instalados e ativos. A maioria dos simuladores disponíveis são programados para executarem nos sistemas operacionais Windows™ (Microsoft®), Macintosh™ (Apple Inc.®) e Linux™ (Linus Torvalds® - *software* livre).

Desta forma, o *software* de simulação *Propriedade dos Gases* (PhET) foi o que melhor se adequou às necessidades da proposta, principalmente por possuir versão traduzida para o português do Brasil e por ser programado em Linguagem Java™. A versão utilizada na pesquisa foi a 3.15. As atividades do referido trabalho se desenvolveram no laboratório de informática de uma escola que pertence à rede estadual de ensino do Paraná, equipado com computadores do Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo) – Pregão 83/2008, que possuem como núcleo de sistema operacional o Linux Ubuntu 2.6.24-22-generic, sendo compatíveis com as especificações do *software* de simulação.

A seguir, apresentamos a tela de visualização do *software*, em uso, utilizado na pesquisa.

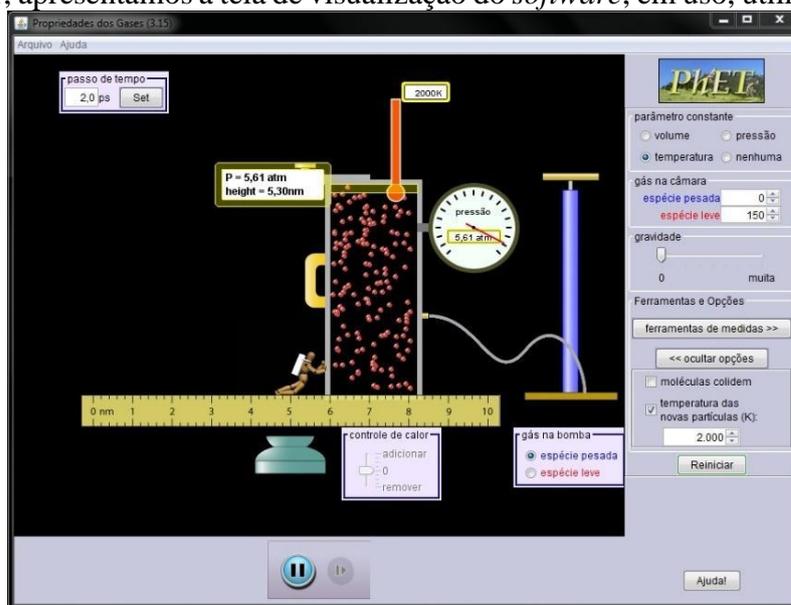


Figura 1 – Representação da interface do *software* de simulação *Propriedade dos Gases*
 Fonte: extraído, após simulação, de: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties>.

GeoGebra

O *software GeoGebra* foi idealizado e inicialmente desenvolvido em 2001 por Markus Hohenwarter na Universität Salzburg, Áustria, para a aprendizagem e o ensino da Matemática nos vários níveis de ensino. Atualmente, Hohenwarter conta com o apoio de uma equipe internacional de programadores para continuar desenvolvendo-o, mas agora na Florida Atlantic University, Estados Unidos. (HOHENWARTER; HOHENWARTER, 2013)

Todas as versões do *GeoGebra* são gratuitas. Esse *software* é desenvolvido em código aberto e em linguagem de programação Java™, o que o torna versátil e multiplataforma. Está disponível para os sistemas operacionais Windows®, Linux®, Macintosh® e para as plataformas digitais de dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) pelos sistemas Android™ (Google Play©), iOS™ (Apple® - App Store©) e Windows Phone™ (Windows Store©).

Suas aplicações são praticamente infinitas, uma vez que contempla geometria, álgebra, tabelas, gráficos, estatística e cálculo em um único sistema de Matemática totalmente integrado. Suas ferramentas permitem a construção de pontos, retas, polígonos, seções cônicas, etc. Além da possibilidade de interligar equações e coordenadas, também é possível trabalhar com variáveis vinculadas a números, pontos, vetores e a derivar e integrar funções. Para Gerônimo, Barros e Franco (2010, p. 11), “[...] uma das vantagens do uso deste *software* é que as construções são dinâmicas, isto é, podem ser modificadas sem a perda dos vínculos geométricos”. Isso, por consequência, permite que o usuário realize uma grande quantidade de experimentações, de modo a facilitar a aprendizagem algébrica e as proposições geométricas.

Assim, qualquer recurso que venha auxiliar a aprendizagem de modo a superar as dificuldades inerentes à educação tradicional deve ser considerado, principalmente se for um recurso gratuito e com alto grau de aplicabilidade, como é o caso do *GeoGebra*.

Para este trabalho, sua contribuição se resumiu em auxiliar o estudante a construir o gráfico, no plano cartesiano xOy , que representava os dados empíricos coletados no *software Propriedade dos Gases* para cada uma das três transformações de estado: isotérmica, isobárica e isovolumétrica. Para a construção dessas transformações, utilizamos duas ferramentas específicas do *GeoGebra*: uma para a transformação isotérmica (Cônica por Cinco Pontos), e outra para as transformações, isobárica e isovolumétrica (Reta de Regressão Linear).

A seguir, a tela principal do *GeoGebra*, com a representação gráfica das transformações:

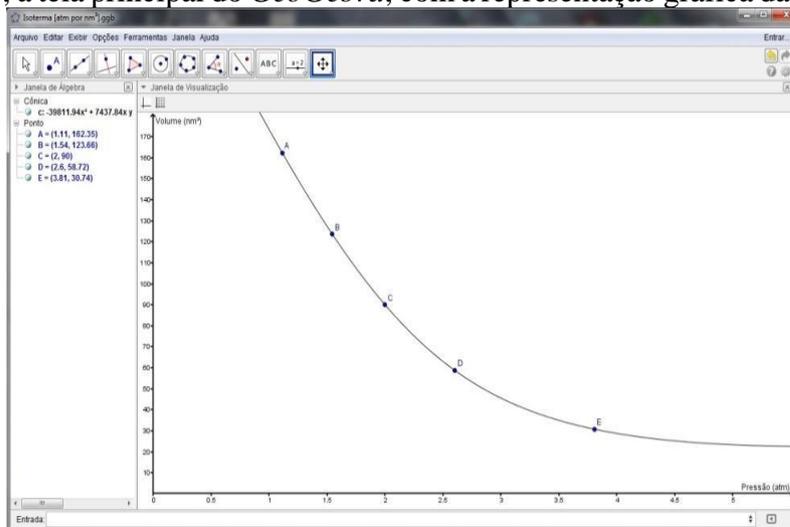


Figura 2 – Representação gráfica da função isotérmica

Fonte: OLIVEIRA, W. C. et al. (2014, p. 7).

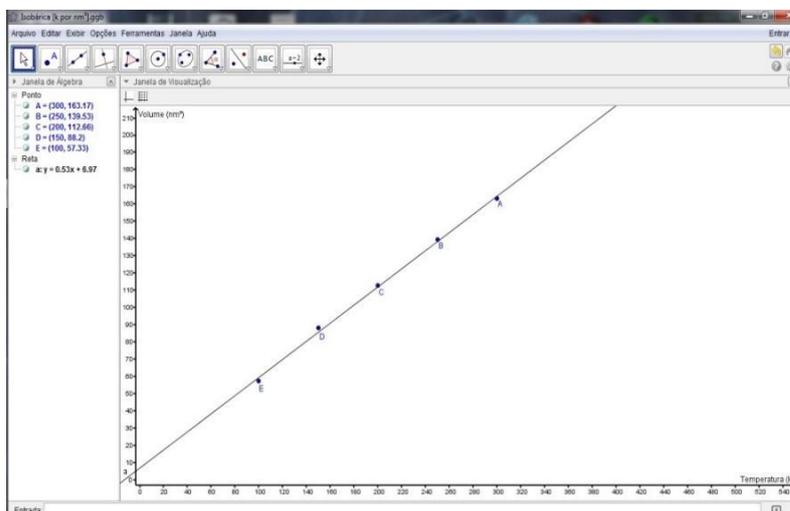


Figura 3 – Representação gráfica da função isobárica

Fonte: OLIVEIRA, W. C. et al. (2014, p. 7)

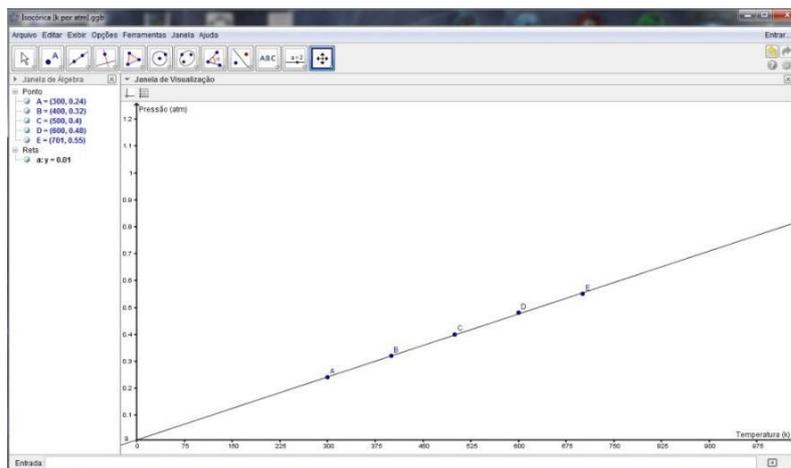


Figura 4 – Representação gráfica da função isovolumétrica
Fonte: OLIVEIRA, W. C. et al. (2014, p. 7)

Teoria da ação mediada

O quadro teórico delineado neste trabalho refere-se à contribuição intelectual de James V. Wertsch, denominada “análise sociocultural” (WERTSCH, 1999). O termo “sociocultural”, apesar de ser amplamente difundido entre pesquisadores contemporâneos em ciências humanas, possui herança intelectual enraizada nos trabalhos de Vygotsky, Luria, Leontiev e outros — ainda que a expressão “sócio-histórico” tenha sido utilizada por eles para descrever o método utilizado em suas pesquisas.

Wertsch, por conhecer os trabalhos de Vygotsky, estruturou suas obras em três temas geradores: (a) confiança no método genético ou evolutivo; (b) a afirmação de que as funções mentais superiores derivam da vida social; (c) a afirmação de que a ação humana, tanto no plano individual como no social, é mediada por instrumentos e signos (WERTSCH, 1993, p. 36).

De acordo com Wertsch (1996), o acompanhamento dos estudos de Vygotsky no ocidente concentrou seus esforços no segundo tema devido a sua forma de relacionamento com a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Entretanto, para seus estudos, Wertsch considerou o terceiro tema relativo à mediação, uma vez que:

[...] a mediação de instrumentos e signos é analiticamente mais interessante porque fornece a chave para compreender as mudanças quantitativas e qualitativas no desenvolvimento, assim como a transição das formas de funcionamento intersicológico em intrapsicológico (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011, p. 50).

Wertsch buscou explicar e estender a Teoria de Vygotsky, ao estruturar a base de análise do processo de elaboração de significados na Teoria da Ação Mediada, assim chamada pela proposta de análise da ação humana. Dessa forma, as perspectivas socioculturais materializadas nas ideias de Wertsch por essa teoria são fortemente influenciadas pela ação humana, uma vez que tal ação emprega meios mediacionais ou ferramentas culturais essenciais e que moldam um cenário sociocultural particular, situada em um contexto cultural, histórico e institucional.

Segundo Wertsch (1999, p. 50), “a essência do estudo do agente e das ferramentas culturais na ação mediada é a análise de sua interação”, uma vez que toda a ação mediada é caracterizada por uma “tensão irreduzível” entre ambos. Essas ferramentas culturais não causam ação de forma mecânica, pois por si só são incapazes de operar e dependem exclusivamente de um agente para poder causar impacto (PEREIRA; OSTERMANN, 2012). Mesmo que seja caracterizada uma distinção analítica entre os meios mediacionais e os agentes, a relação entre ambos é tão fundamental quanto necessária, visto que qualquer ação a ser desenvolvida pelo

agente necessariamente se utilizará de uma ferramenta cultural, mesmo que seja psicológica. Contudo, surge a dúvida: “quem está realizando a ação?” (Wertsch 1991, *apud* Wertsch, 1999, p. 52). Do ponto de vista da ação mediada, será o agente em conjunto com a ferramenta cultural.

Wertsch aponta ainda que o domínio de certas habilidades específicas mediante as ferramentas culturais provém da experiência. Portanto, ao considerarmos o ambiente escolar, caberá ao professor implementar atividades mais dinâmicas, de modo a auxiliar os estudantes a adquirirem certa confiança ao utilizar as ferramentas culturais. Entretanto, o professor não deverá apresentar apenas uma ou outra ferramenta cultural, mas um conjunto de opções, das quais Wertsch denomina por kit de ferramentas ou caixa de ferramentas (GIORDAN, 2013).

De acordo com Wertsch é crucial que o kit de ferramentas culturais possibilite e, ao mesmo tempo restrinja, a ação dos estudantes frente à aprendizagem, uma vez que os estudantes possuem habilidades específicas frente às ferramentas mediacionais, de modo a verificar qual ou quais as ferramentas culturais são mais adequadas para realizar determinada tarefa. Essa percepção é fundamental para a internalização dos conceitos e para o processo de *domínio* e *apropriação* do conhecimento por parte dos estudantes.

Os conceitos de *domínio* e *apropriação* são balizadores na avaliação dos níveis de processos de significação e internalização das ferramentas culturais. Durante esse processo, há uma grande tensão entre os processos mentais e as ações externas, já que não se pode conceber processos internos em oposição aos processos externos (GIORDAN, 2013). Segundo Wertsch (1999, p. 82), o processo de domínio é caracterizado em “saber como usar habilmente o meio mediacional”. Uma representação para esse conceito é o caso de o estudante saber resolver corretamente um algoritmo matemático proposto pelo professor; por exemplo, uma equação. Dessa forma, o agente (estudante), passa a realizar com destreza (domínio) certa atividade no plano interno (processo mental - internalização) o que antes só era realizada no plano externo.

Saber utilizar uma ferramenta cultural não significa expressamente que o agente a tomou como sua, tornando-a parte de seu horizonte conceitual, pois ele pode simplesmente utilizá-la com diferentes graus de destreza (GIORDAN, 2013). Entretanto, quando o agente faz uso de uma ferramenta cultural com habilidade em situações adversas e descontextualizadas, consegue transitar entre diferentes esferas de comunicação. Por exemplo, quando o estudante resolve um problema que utilize uma ferramenta cultural conhecida, como uma equação, em outras áreas do conhecimento científico diferentes daquela que ele aprendeu, ou ainda, podendo utilizar essa ferramenta cultural em situações não ligadas diretamente à sala de aula — a essa forma de internalização do conhecimento, Wertsch chama de *apropriação*.

Wertsch diferencia claramente domínio de *apropriação* em duas formas de internalização: quando é possível que alguém domine, mas não se aproprie de uma ferramenta cultural, assim como também é possível que *domínio* e *apropriação* estejam relacionados em maior ou menor grau. (GIORDAN, 2013).

Para que ocorra o domínio e a *apropriação* de conceitos em atividades de ensino, Giordan (2013) argumenta que cabe ao professor promover atividades de investigação diversificadas e permitir que o estudante tenha o controle sobre elas, para observar os aspectos favoráveis ou não sobre os enunciados (conceitos) nas situações-problema em estudo. Assim, caberá ao estudante tangenciar esse conhecimento a outras esferas de comunicação e atividade.

A seguir, apresentaremos o percurso metodológico desenvolvido na pesquisa e os resultados obtidos baseados na análise das respostas de quatro estudantes¹ em um questionário com cinco questões-problema abertas para emissão de julgamento sobre as variáveis de estado

¹ O critério de seleção dos estudantes que participaram da pesquisa foi seu comprometimento e disponibilidade, segundo cronograma apresentado, uma vez que parte da coleta de dados foi feita no contraturno escolar.

(temperatura, pressão e volume) e as transformações de estado (isotérmica, isobárica e isovolumétrica).

Percurso metodológico

Esta pesquisa, de cunho qualitativo, foi implementada no período letivo de maio a junho, com a participação de 34 estudantes regularmente matriculados no segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual pertencente ao município de Maringá, no Paraná.

O local escolhido para o acompanhamento das aulas e para o desenvolvimento da unidade didática foi a sala de aula convencional e o laboratório de informática do Colégio Estadual Marco Antônio Pimenta – EFM, onde o professor regente da disciplina de Física e os pesquisadores desenvolveram todas as atividades necessárias ao longo de 14 aulas, sendo 7 em sala de aula convencional — com experiências, fundamentação teórica e atividades sobre a Lei dos Gases Ideais (observações – pesquisador; relatórios e questionários – estudantes) — e 7 aulas no laboratório de informática — com o uso de dois Recursos Educacionais Abertos (REA), inicialmente com o *software Propriedade dos Gases* (PhET) para a coleta de dados empíricos (preenchimento de tabela específica) e, posteriormente, com o *software GeoGebra* para a construção dos gráficos das transformações de estado.

Ao final da implementação, os estudantes responderam dois questionários. Entretanto, por opção metodológica, apresentamos apenas a análise das questões-problema de um deles, bem como a análise da captura de telas que representam os gráficos das transformações de estado dos gases ideais. O objetivo do questionário foi coletar dados que nos permitisse investigar, segundo a Teoria da Ação Mediada, evidências de “domínio” e de “apropriação” das ferramentas culturais utilizadas na elaboração de significados sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula. Na prática, pretendeu-se verificar, com a utilização das ferramentas culturais (REA), se houve domínio e/ou apropriação (aprendizagem) dos conceitos em estudo.

Como referencial metodológico, adotamos a Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi (2007), por ser adequada e cada vez mais utilizada em pesquisas qualitativas, uma vez que essa análise busca, segundo Moraes (2003, p. 191), “[...] aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise rigorosa e criteriosa [...]” de informações apresentadas em textos já existentes ou em outros produzidos por entrevistas e observações. De acordo com Moraes e Galiazzi (2007), a ATD é composta por três etapas: a unitarização, a categorização e a captação do novo emergente. Os processos recursivos são mobilizados na construção de categorias para elaboração de novas compreensões, uma vez que a unitarização e a categorização se constituem como etapas para que novas compreensões possam ser produzidas, já que nesse tipo de análise “não se pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las, a intenção é a compreensão” (MORAES, 2003, p. 191). Assim, a ATD busca identificar e evidenciar enunciados nos materiais submetidos à análise para criar categorias e para produzir textos descritivos e interpretativos, tomando como base de elaboração o sistema de categorias construído pelos pesquisadores (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Resultados e discussões

Nesta análise, procuramos dar prioridade àquelas relações que se escoram no “tema” e no “contexto” dos significados atribuídos, de acordo com a Teoria da Ação Mediada. Assim, o processo de significação que interpretamos aqui requisitou atenção especial ao tema concreto — alteração nos valores das variáveis de estado e comportamento ideal da amostra do gás analisado — e à identificação dos significados que estão sendo atribuídos às palavras que designam os conceitos. Também destacamos o reconhecimento dos significados reais dos

conceitos através da descrição, explicação ou da generalização, possibilitado, em nossa opinião, pela compreensão e valoração do tema significado. A compreensão se baseou nas atitudes responsivas entre os sujeitos e seu interlocutor (professor, telas dos *softwares* e questões-problema aplicadas) e na relação dos significados com a realidade (no plano social ou interpsicológico). Foi possível perceber, por exemplo, nas Tabelas 1 a 4, cujas cinco questões-problema se relacionam aos conceitos de “transformação de estado para um gás ideal”, que os estudantes se utilizaram de palavras bem próximas ao discurso do gênero científico, de modo a vincular seus enunciados ao dos outros: do professor, dos colegas e dos *softwares* de simulação. Aqui também existe o aspecto psicológico — no plano intramental — de julgar quais linguagens sociais e gêneros discursivos são mais apropriados no cenário sociocultural empregado, como na situação de ensino-aprendizagem em sala de aula.

O questionário aplicado em sala de aula foi estruturado com cinco questões-problema abertas, sendo elas: 1) Por que nas latas de aerossóis sempre vem a indicação de que não podem ser colocados em incineradores (nos incineradores, o lixo é queimado em temperaturas próximas a 1000K)? 2) Você já deve ter observado que caminhoneiros ou motoristas de ônibus batem com um martelo de madeira ou borracha nos pneus de seus veículos. Por que será que fazem isso? 3) Por que utilizamos a panela de pressão para cozinhar certos tipos de alimentos? Por que o tempo de cozimento é diferente nesses casos, em relação às panelas normais? 4) O que pode acontecer se utilizarmos uma válvula de panela de pressão muito mais pesada que a recomendada pelo fabricante? 5) Por que o botijão de gás de cozinha traz, na verdade, o gás “liquefeito” em seu interior? Explique usando seus conhecimentos de Ciências.

Os dados coletados pelo questionário foram organizados, unitarizados e categorizados, de modo a construir metatextos em busca de novos significados em um processo imprevisto, mas auto-organizado pelo pesquisador, assim como propõem Moraes e Galiazzi (2006, 2007).

Entendemos por domínio a utilização correta dos conceitos em situações próximas às do aprendizado formal. Já a apropriação representa a utilização adequada desses conceitos em situações diversas e conflitantes, fora do contexto inicial de aprendizagem. Destacamos ainda que existem níveis variados de *domínio* e *apropriação* e que sua interpretação também está atrelada à subjetividade interpretativa do investigador (WERTSCH, 1999).

Abaixo, seguem as Tabelas, de 1 a 4, com os turnos de falas² de quatro dos estudantes participantes da pesquisa, para as cinco questões, bem como a noção de *domínio* e *apropriação* das ferramentas culturais, segundo nossa interpretação, baseada na Teoria da Ação Mediada.

Tabela 1 – Respostas do estudante (BRU)

Questões	Respostas	Domínio/Apropriação
Q ₁	<i>Porque além dos aerossóis são inflamáveis, e com o calor as moléculas se agitam e o aerossol pode explodir.</i>	Domínio
Q ₂	<i>Eles fazem isso para ver se o pneu está cheio. Para que, na hora que eles estiverem viajando, a temperatura aumenta e o pneu se expande, e por isso eles veem se eles estão cheios e não tem nenhum defeito.</i>	Apropriação
Q ₃	<i>Porque alguns alimentos são mais resistentes e ao cozinhar em uma panela de pressão ocorre o melhor cozimento do alimento. Porque além de uma pressão maior, a temperatura também aumenta, e já que não tem para onde a água evaporar o alimento tende a cozinhar.</i>	Apropriação
Q ₄	<i>A gravidade tende a puxar para baixo, e já que a válvula é pesada, acaba prendendo o ar, aí a pressão aumenta dentro da panela e isso pode levar a uma explosão.</i>	Domínio

² Em todas as respostas dos estudantes para o Questionário, apenas os erros de pontuação foram corrigidos durante a transcrição, mantendo-se assim a fidedignidade das mesmas, no instrumento de coleta de dados.

Q ₅	<i>Se tiver só o gás a pressão ou temperatura pode aumentar e ocorrer um maior risco de explosão.</i>	Domínio
----------------	---	---------

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2 – Respostas do estudante (CAM)

Questões	Respostas	Domínio/Apropriação
Q ₁	<i>Pois com o aumento da temperatura as moléculas se agitam, assim aumentando o volume, fazendo com que a embalagem exploda.</i>	Domínio
Q ₂	<i>Ele bate para ver se o pneu está murcho. Conforme o caminhão anda o pneu esquenta pelo atrito com o solo, fazendo com que o volume fique maior, mas durante esse processo o ar não pode sair, deixando o pneu murcho.</i>	Apropriação
Q ₃	<i>Pois a panela mantém o gás preso, fazendo a pressão ser maior, assim o alimento cozinha mais rápido.</i>	Domínio
Q ₄	<i>Ela será muito pesada e prenderá o gás lá dentro, assim, ao esquentar e expandir, ele não vai sair e a panela vai explodir pelo aumento de volume.</i>	Domínio
Q ₅	<i>Pois se colocasse o gás em si, ao esquentar as moléculas iriam se agitar e colidir entre si e com as paredes do botijão, já com o líquido isso demora mais para acontecer.</i>	Domínio

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3 – Respostas do estudante (LET)

Questões	Respostas	Domínio/Apropriação
Q ₁	<i>Por que as moléculas estão aprisionadas, quando aquecidas vão se agitar e se expandir, por isso explode o recipiente.</i>	Domínio
Q ₂	<i>Pois ele bate para ver se o gás que está dentro ainda está fazendo pressão, então se mantém cheio. Ao rodar, o atrito com o asfalto faz a temperatura subir, se a temperatura aumenta as moléculas se agitam expandindo seu volume.</i>	Apropriação
Q ₃	<i>Por que a panela mantém o gás preso dentro, ao aumentar a temperatura as moléculas se expandem aumentando a pressão, por a pressão estar mais alta o alimento cozinha mais fácil.</i>	Domínio
Q ₄	<i>Porque será muito pesada e prenderá o gás lá dentro, assim, ao esquentar e expandir ele não vai sair e a panela vai explodir pela colisão das moléculas na parede da panela.</i>	Apropriação
Q ₅	<i>Por que se colocasse o gás em si ao esquentar as moléculas iam se agitar e começar colidir com elas mesmo e com a parede do botijão, já ao colocar o gás líquido ele demora um pouco mais ao chegar ao gasoso, evitando essa colisão.</i>	Domínio

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 4 – Respostas do estudante (SAB)

Questões	Respostas	Domínio/Apropriação
Q ₁	<i>Porque a temperatura aumenta causando o aumento da pressão, que numa certa temperatura elevada provocará a explosão do aerossol.</i>	Domínio
Q ₂	<i>Para verem se o pneu não está muito cheio, porque conforme o aumento da temperatura causa alteração no volume.</i>	Domínio
Q ₃	<i>Porque quanto mais aumenta a temperatura da panela mais aumenta sua pressão, que faz com que os alimentos cozinhem rapidamente.</i>	Apropriação
Q ₄	<i>Como a válvula de pressão é mais pesada, ela não consegue girar para que o vapor saia e a pressão se mantenha instável, se não acontecer</i>	Apropriação

	<i>isso o acúmulo de pressão pode provocar explosão da panela. (Como o volume não se expande, a pressão aumenta e a panela explode).</i>	
Q ₅	<i>Deve-se usar o gás líquido, pois se usar somente o gás, o botijão pode explodir. Por que a temperatura aumenta, causando alteração no seu volume, que pode ocorrer a explosão.</i>	Não Houve

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a primeira questão-problema: por que nas latas de aerossóis sempre vem a indicação de que não podem ser colocados em incineradores (nos incineradores, o lixo é queimado em temperaturas próximas a 1000K)? Os turnos de fala dos estudantes são apresentados a seguir: “[...] com o calor, as moléculas se agitam [...]” (BRU), “[...] com o aumento da temperatura as moléculas se agitam [...]” (CAM), “[...] as moléculas, [...] quando aquecidas vão se agitar [...]” (LET) e, com menor aproximação, “[...] temperatura aumenta [...]” (SAB). De acordo com essas afirmações, pode-se dizer que todas estão relacionadas ao aumento de temperatura no sistema gasoso. Como o sistema possui volume constante, o estudante (SAB) sinalizou aumento de pressão em consequência do aumento de temperatura, “[...] causando o aumento da pressão [...]”.

Dessa forma, a evolução da significação desses conceitos para o conteúdo de transformação isovolumétrica pode ser percebido nos turnos de falas dos quatro estudantes, pois indicam ser o processo de explosão da lata de aerossol exposta a altas temperaturas como consequência da intensa movimentação das partículas do gás em função do aumento da energia cinética do sistema. Assim, se o gás contido for aquecido acima dos limites suportados pelo recipiente de volume constante, assume-se o risco de explosão. Mesmo assim, os estudantes não apresentaram respostas adequadamente fundamentadas, segundo os conceitos em estudo. Outra observação a ser considerada foi a expressão “moléculas vão se expandir” (LET), que, conforme nossa interpretação, aponta para falhas na significação, evidenciando que não ocorreu apropriação das ferramentas (conceito), pois a significação está fortemente vinculada ao tema e foi tomada do discurso do professor nas interações dialógicas. Porém a “expansão da molécula” foi tomada como expansão volumétrica, atribuindo à partícula individual a propriedade do conjunto – expansão de volume em função do movimento.

Com relação aos gráficos construídos por esses estudantes, verifica-se que conseguiram representar satisfatoriamente a transformação isovolumétrica, como esperado pelo professor. Eles manipularam os *softwares* de simulação *Propriedades dos Gases* (PhET) e *GeoGebra* para, respectivamente, coletarem os dados e os representarem em forma de pares ordenados (x, y) para construir o gráfico $(P \times T)$ com a ferramenta *Reta de Regressão Linear*.

Para o cruzamento dos dados obtidos, consideramos todas as situações em que foram produzidos significados. Os quatro estudantes conseguiram transitar, de maneira apenas razoável, sobre a rede conceitual, no sentido de elevar o nível da significação para as transformações gasosas, visto que não se apropriaram (plano intrapsicológico) das ferramentas culturais (conceitos) para explicar o fenômeno em questão, mas, mesmo em menor grau de abstração (plano interpsicológico), as dominaram, apresentando termos bem próximos daqueles presentes na literatura e utilizados pelo professor em sala de aula. Em síntese, não houve apropriação da ferramenta conceitual em nenhuma das falas dos quatro estudantes. Contudo, eles apresentaram níveis de domínio conceitual ao responderem, de maneira considerável, a primeira questão-problema e ao utilizarem os dois *softwares* de simulação.

Para a segunda questão-problema: você já deve ter observado que caminhoneiros ou motoristas de ônibus batem com um martelo de madeira ou borracha nos pneus de seus veículos. Por que será que fazem isso? Os turnos de fala dos estudantes mostraram que os motoristas de ônibus batem com um martelo de madeira ou borracha nos pneus para “[...] ver se o pneu está

cheio” (BRU), “[...] se o pneu está murcho” (CAM), e “[...] ver se o gás que está dentro ainda está fazendo pressão então se mantém cheio” (LET). Outra resposta muito próxima a essas pode ser percebida na fala de (SAB): “Verem se o pneu não está muito cheio”. Tais afirmações estão relacionadas à necessidade de o motorista bater com o martelo no pneu para verificar suas condições, se está murcho (baixa pressão); normal (pressão padrão) ou cheio (alta pressão). Em relação ao aquecimento do pneu, os quatro estudantes sinalizaram que, conforme a temperatura aumenta, o volume também aumenta, como pode ser verificado na fala de (BRU): “[...] a temperatura aumenta e o pneu se expande [...]” e (SAB): “conforme o aumento da temperatura causa alteração no volume”. De maneira complementar, respectivamente, (CAM) e (LET) sinalizaram que esse fenômeno está associado ao atrito do pneu com o solo, pois “[...] esquenta pelo atrito com o solo fazendo com que o volume fique maior [...]” e “[...] Ao rodar, o atrito com o asfalto faz a temperatura subir, se a temperatura aumenta as moléculas se agitam, expandindo seu volume”. Percebe-se que o estudante (LET) relaciona o conhecimento químico no nível submicroscópico ao justificar que, com o aumento de temperatura, a energia cinética das partículas do ar tende a aumentar, proporcionalmente, o volume do pneu, expandindo-o. A evolução da significação desses conceitos para o conceito de transformação isobárica pode ser percebida nos quatro turnos de falas apresentados, pois indicam o processo de aumento de volume proporcionado pela intensa movimentação das partículas do gás em função do aumento da energia cinética do sistema decorrente do aumento de temperatura.

Em relação aos gráficos construídos pelos estudantes, verifica-se que todos conseguiram representar a transformação isobárica de maneira satisfatória, como descrito pela literatura. Contudo, uma pequena variação foi encontrada na primeira representação gráfica do estudante (SAB), que, após utilizar a ferramenta *Reta de Regressão Linear*, verificou que todos os cinco pares ordenados (x, y) representados na janela de visualização/gráfica no *GeoGebra* não possuíam intersecção com a reta construída e, mesmo sendo uma reta crescente e representando a proporcionalidade entre as variáveis volume e temperatura, o estudante ficou com dúvidas se as informações coletadas no *software Propriedades dos Gases* (PhET) estavam corretas. Essa situação ocorre quando são coletados valores de temperatura muito altos ou baixos, ou quando o volume do recipiente necessita se expandir e, por limitações do *software*, isso não acontece.

De modo geral, os estudantes (BRU), (CAM) e (LET) apresentaram turnos de falas adequadamente fundamentados para explicar a questão-problema, assim como propõe Wertsch (1993, 1996, 1999) em relação ao maior grau de compreensão, a internalização, caracterizada pela apropriação da rede conceitual no sentido de elevar o nível de significação para as transformações gasosas (plano intrapsicológico) das ferramentas culturais — nesse caso, dos conceitos relacionados ao estudo da Teoria Cinética dos Gases Ideais. Apenas o estudante (SAB) não apresentou considerações mais detalhadas sobre as variáveis envolvidas e suas relações no sistema gasoso. Assim, o estudante dominou, mas não se apropriou das ferramentas culturais, uma vez que apresentou termos muito próximos daqueles presentes na literatura e utilizados pelo professor, pois conseguiu transitar a rede conceitual de maneira superficial, mesmo com menor grau de abstração (plano interpsicológico).

Para a terceira questão-problema: por que utilizamos a panela de pressão para cozinhar certos tipos de alimentos? Por que o tempo de cozimento é diferente nesses casos, em relação às panelas normais? Os turnos de fala dos estudantes buscaram responder às duas perguntas da questão-problema ao mesmo tempo. Para a primeira delas, para os quatro estudantes o uso da panela de pressão para cozinhar certos tipos de alimentos está diretamente relacionado ao tempo de cozimento desses alimentos, pois “[...] a panela mantém o gás preso [...] assim o alimento cozinha mais rápido” (CAM) e “[...] faz com que os alimentos cozinhem rapidamente” (SAB). Os estudantes (BRU) e (LET) referiram que o uso da panela de pressão para cozinhar certos tipos de alimentos está condicionado a um melhor cozimento desses alimentos, uma vez que

“[...] alguns alimentos são mais resistentes e ao cozinhar em uma panela de pressão ocorre o melhor cozimento do alimento” (BRU) e “[...] a panela mantém o gás preso dentro [...], o alimento cozinha mais fácil” (LET). De maneira complementar, os quatro estudantes apresentaram outra justificativa em suas falas: a de que o cozimento do alimento na panela de pressão também está relacionado ao fato de o vapor de água não sair, como afirmou (BRU): “[...] não tem para onde a água evaporar [...]”, (CAM): “[...] a panela mantém o gás preso [...]” e (LET): “[...] a panela mantém o gás preso dentro [...]”. Essa condição pode estar, segundo nossa interpretação, relacionada ao fato de os estudantes tentarem explicar que a panela de pressão é fechada e não deixa o vapor de água sair. Assim, se o vapor de água não pode sair naturalmente, com o aumento de temperatura do sistema gasoso há também aumento de pressão, como sinalizou (CAM): “[...] a panela mantém o gás preso fazendo a pressão ser maior [...]” e (LET): “[...] a panela mantém o gás preso dentro [...], por a pressão estar mais alta o alimento cozinha mais fácil”. Como a panela de pressão é um sistema fechado, de volume constante, três dos quatro estudantes sinalizaram aumento de pressão no sistema em consequência do aumento de temperatura, assim como está descrito na literatura pela Lei de Charles e Gay-Lussac para transformação isovolumétrica. Tal justificativa pode ser percebida nas falas de (BRU): “[...] além de uma pressão maior, a temperatura também aumenta [...]”]; (LET): “[...] ao aumentar a temperatura as moléculas se expandem aumentando a pressão [...]” e (SAB): “[...] quanto mais aumenta a temperatura da panela mais aumenta sua pressão [...]”. Entretanto, na fala do estudante (LET), ainda encontramos a indicação “as moléculas se expandem”, caracterizando que a partícula individual foi tomada como expansão volumétrica, assim como já explicado na análise da primeira questão.

Em relação à análise dos gráficos construídos pelos estudantes, a terceira questão-problema apresenta a mesma base de dados em relação à primeira, pois a lata de aerossol e a panela de pressão possuem volume constante. Dessa forma, os gráficos construídos apresentam a mesma representação cartesiana.

Após a análise das respostas dos estudantes para a questão-problema, constatou-se que apenas (BRU) e (SAB) apresentaram respostas adequadamente fundamentadas, segundo os conceitos em estudo, pois conseguiram se apropriar da rede conceitual relacionada ao estudo da Teoria Cinética dos Gases Ideais. Entretanto, os estudantes (CAM) e (LET) conseguiram transitar apenas de maneira razoável sobre essa rede conceitual, pois apresentaram menor grau de abstração (plano interpsicológico).

Para a quarta questão-problema: o que pode acontecer se utilizarmos uma válvula de panela de pressão muito mais pesada que a recomendada pelo fabricante? Os turnos de fala dos quatro estudantes apresentaram que uma panela de pressão que tenha uma válvula de escape muito mais pesada que a recomendada tende a prender o “ar”, e conseqüentemente, há um aumento da pressão em seu interior, como pode ser observado nas falas de (BRU): “[...] já que a válvula é pesada acaba prendendo o ar, ai a pressão aumenta dentro da panela [...]” e (SAB): “[...] ela não consegue girar para que o vapor saia e a pressão se mantenha instável [...]”. O estudante (SAB) se justificou muito bem, mas a palavra “instável” foi utilizada de maneira equivocada, pois se a válvula da panela de pressão girar, o vapor não ficará retido em seu interior e será eliminado para que a pressão se mantenha constante. Nossa interpretação aponta para a direção de que (SAB) tenha se confundido ao escrever sua justificativa, pois de modo geral, seu argumento apresentou todas as unidades de significado de maneira adequada. Para os estudantes (CAM) e (LET), que se justificaram de maneira mais detalhada, tendo a panela de pressão uma válvula mais pesada que o recomendado pelo fabricante, ela “[...] prenderá o gás lá dentro assim ao esquentar e expandir ele não vai sair [...]”. Dessa forma, havendo o aumento de pressão até o limite suportado pela panela e proporcional à temperatura, essa tende a explodir, como justificaram todos os estudantes, uma vez que não há como aumentar o volume

do recipiente, pois este é constante, como evidenciaram (BRU): “[...] *isso pode levar a uma explosão*”, (CAM): “[...] *a panela vai explodir pelo aumento do volume*”, (SAB): “[...] *como o volume não se expande, a pressão aumenta e a panela explode*”, e (LET): “[...] *a panela vai explodir pela colisão das moléculas na parede da panela*”.

A análise das representações gráficas construídas pelos estudantes para essa questão é a mesma já apresentada para a primeira e terceira questões-problema. Dessa forma, não há novas informações para serem consideradas. Portanto, após a análise dos turnos de fala dos estudantes, apenas (LET) e (SAB) apresentaram respostas adequadamente fundamentadas, pois conseguiram se apropriar da rede conceitual relacionada ao estudo da Teoria Cinética dos Gases Ideais, transpondo o nível de significação para as transformações gasosas estudadas (plano intrapsicológico). Entretanto, (BRU) e (CAM) conseguiram transitar razoavelmente sobre a rede conceitual com um menor grau de abstração (plano interpsicológico), pois dominaram os conceitos em estudo, visto que suas justificativas são coerentes e os termos utilizados no discurso são bem próximos daqueles presentes na literatura e utilizados pelo professor.

Para a quinta questão-problema: por que o botijão de gás de cozinha traz, na verdade, o gás “liquefeito” em seu interior? Explique usando seus conhecimentos de Ciências. Ao analisar os turnos de fala por unidades de significado, verificamos que os estudantes relacionam os conceitos de temperatura e pressão com o termo “explosão”, visto que o aumento de pressão no interior do botijão está relacionado diretamente ao aumento de temperatura para o volume constante. Dessa forma, se o gás do botijão não for liquefeito há uma maior possibilidade de explosão, como afirma (BRU): “[...] *a pressão ou temperatura pode aumentar e ocorrer um maior risco de explosão*” e (CAM), pois “[...] *ao esquentar as moléculas iriam se agitar e colidir entre si e com as paredes do botijão [...]*” aumentando a pressão interna. O estudante (SAB) evidencia que “[...] *se usar somente o gás, o botijão pode explodir [...]*”, pois justifica a explosão “[...] *porque a temperatura aumenta causando alteração no seu volume [...]*”.

Os estudantes (BRU), (CAM) e (SAB) evidenciaram que, se o botijão de gás não for GLP e for exposto a um aumento de temperatura, diferente da temperatura ambiente, as partículas do gás contido no interior do botijão tenderão a se movimentarem em função do aumento da energia cinética do sistema, consequentemente aumentando a pressão interna, podendo acarretar na explosão do botijão. Portanto, se o gás contido for aquecido acima dos limites suportados pelo recipiente de volume constante, assume-se o risco de explosão. Entretanto, mesmo o estudante (SAB) apresentando características que justificam o porquê de se ter o gás liquefeito de petróleo no interior dos botijões, acaba se confundindo ao afirmar que “*Deve-se usar o gás líquido [...]*”, o que está errado por definição, pois uma substância não “pertence” a um estado físico, mas está nele. Ela pode, sim, estar em mais de um estado físico, por exemplo, o ponto triplo da água, na qual ela se encontra nos três estados. Questão semelhante é apresentada por (LET): “[...] *o gás em si ao esquentar as moléculas ia se agitar e começar colidir com elas mesmas e com a parede do botijão, já ao colocar o gás líquido ele demora um pouco mais ao chegar ao gasoso evitando essa colisão*”. Ambos os estudantes utilizaram o termo “gás líquido” em suas justificativas, mas o correto é “gás liquefeito”. De acordo com o contexto da análise, as respostas possuem unidades de significado razoáveis.

A análise das representações gráficas construídas pelos estudantes não teve nenhuma modificação, como já evidenciadas na primeira, terceira e quarta questões-problema. Dessa forma, não há novas informações a serem consideradas. Após analisar o turno de fala dos quatro estudantes, nenhum deles apresentou respostas adequadas para explicar a questão-problema no nível de apropriação (plano intrapsicológico). Contudo, os estudantes (BRU), (CAM) e (LET) conseguiram transitar sobre a rede conceitual apenas de maneira razoável, com menor grau de abstração (plano interpsicológico), pois dominaram os conceitos em estudo, visto que suas justificativas são coerentes e os termos utilizados no discurso são aceitáveis e não apresentam

perda de significado. O estudante (SAB) não apresentou justificativas convincentes, a fim de responder, segundo seus conhecimentos de ciências, o porquê de o botijão de gás de cozinha trazer em seu interior o gás liquefeito. Em suma, as justificativas sinalizadas pelos estudantes estão relacionadas ao gás não ser liquefeito no interior dos botijões de gás de cozinha, pois sua liquefação é feita para reduzir seu volume e, principalmente os riscos de explosão.

A seguir, tabela com a interpretação geral da análise das respostas dos estudantes às cinco questões-problema apresentadas pelo questionário aplicado em sala de aula, ao final da pesquisa, sendo possível estabelecer relações consideráveis entre a elaboração de significados e a noção de *domínio* e *apropriação* das ferramentas culturais, segundo a Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch.

Tabela 5 – Interpretação geral das respostas dadas pelos estudantes no questionário

ID ³	(Q ₁) ⁴	(Q ₂)	(Q ₃)	(Q ₄)	(Q ₅)	(A) ⁵	(D) ⁶	(NH) ⁷
BRU	D	A	A	D	D	2	3	0
CAM	D	A	D	D	D	1	4	0
LET	D	A	D	A	D	2	3	0
SAB	D	D	A	A	NH	2	2	1
TOTAL INDIVIDUAL						7	12	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerações finais

Com relação às nossas questões iniciais de pesquisa, entendemos que houve uma perceptível interferência dos REA na significação dos enunciados relacionados ao nosso tema de estudo. Com base na evolução da significação dos conceitos, ficou evidente, tanto no emprego do gênero discursivo — que se modificou ao longo da implementação da sequência didática proposta — como nos níveis de elaboração conceitual, desembaralhando conteúdos que foram, nas aulas introdutórias, apenas noções de senso comum sobre a visão cientificamente aceita, a interferência positiva dos REA. As evidências foram, em nossa opinião, mais contundentes ainda, sobre essa interferência, na elaboração dos gráficos das transformações de estado, onde praticamente todos os estudantes investigados obtiveram resultados muito próximos do que os professores costumam utilizar para representá-las. Quanto à segunda de nossas questões, não podemos apresentar aqui considerações muito conclusivas a respeito de *domínio* e *apropriação* dos gêneros discursivos, típicos da Química escolar pelos estudantes, como contribuição exclusiva dos REA utilizados. Embora tenhamos que reconhecer a sua importância, sabemos através dos trabalhos desenvolvidos por vários outros pesquisadores (citados inclusive neste trabalho), que outros instrumentos mediadores são capazes de levar, de forma consistente, à apropriação desse tipo de gênero discursivo. Nossas análises apontam que houve “domínio” das ferramentas culturais pela maioria dos estudantes participantes da investigação em relação aos conceitos estudados (as variáveis de estado – pressão, volume e temperatura – e as transformações gasosas – isotérmica, isobárica e isovolumétrica) mediante o desenvolvimento das atividades da unidade didática. Enquanto isso,

³ ID: identificação dos sujeitos participantes da pesquisa (estudantes).

⁴ (Q₁) a (Q₅): identificação para o número da questão do instrumento investigativo (questionário).

⁵ (A): identificação para Apropriação.

⁶ (D): identificação para Domínio.

⁷ (NH): identificação de que Não Houve (Domínio/Apropriação).

houve “apropriação” das ferramentas culturais por uma parcela menor desses mesmos estudantes e nas mesmas condições de estudo. *Domínio e apropriação* são duas formas de internalização, na qual é possível que alguém domine, mas não se aproprie de uma ferramenta cultural, assim como também é possível que *domínio e apropriação* estejam relacionados em maior ou menor grau. Portanto, se considerarmos que os níveis de *domínio e apropriação* são balizadores para a presença do gênero discursivo em relação à aprendizagem, podemos afirmar que a maioria dos estudantes investigados conseguiu transitar sobre a rede conceitual, de maneira aceitável, entre o maior grau de abstração (plano intrapsicológico) e, de maneira apenas razoável, para o menor grau de abstração (plano interpsicológico), pois poucos estudantes não dominaram os conceitos e/ou se apropriaram deles durante o desenvolvimento das atividades.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (Orgs.). Divulgação científica e ensino de ciência: estudos e experiências. In: YONEZAWA, W. M.; SOUZA, A. R. **Conhecendo os aspectos técnicos e as oportunidades das TIC como ferramentas aplicadas ao ensino**. São Paulo: Escrituras, 2006 (Educação para a ciência, 7).

ATKINS, P. W. **Físico-Química**. Tradução Horácio Macedo. vol. 1. 6^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

BARBERA, J. et al. PhET. **Propriedades dos gases**. [Software]. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties>. Versão: 3.15 de 06 set. 2012.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.

GERÔNIMO, J. R.; BARROS, R. M. O.; FRANCO, V. S. **Geometria Euclidiana Plana: um estudo com o software Geogebra**. Maringá: EDUEM, 2010.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. 1^a. ed. Ijuí: Unijuí, 2008, reimpressão, 2013 – (Coleção educação em ciências).

GOMES, L. C. **Representação Social dos autores dos livros didáticos de física sobre o conceito de calor**. 2012. 198f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PCM/UEM, Maringá, 2012.

HOHENWARTER, M.; HOHENWARTER, J. **Introduction to GeoGebra: version 4.4 - Manual**. nov. 2013. Disponível em: <<http://www.geogebra.org/book/intro-en.pdf>>. Acesso em 25 jun. 2015.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999.

MARQUES, A. C.; CAETANO, J. S. Utilização da Informática na Escola. In: MERCADO, L. P. L. (Org.). **Novas tecnologias na educação: reflexões sobre a prática**. São Paulo: Edufal, 2002.

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

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

_____.; _____. **Análise textual: discursiva**; Ijuí, RS: Unijuí, 2007.

OLIVEIRA, M. P. P.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R. C. O.; ROMERO, T. R. Luz. **Física em contextos: pessoal, social, histórico: energia, calor, imagem, som**. 1^a. ed. São Paulo: FTD, 2010.

OLIVEIRA, W. C.; CIRINO, M. M.; SANTIN FILHO, O.; SIQUEIRA, F. Utilização e avaliação de recursos educacionais abertos no ensino de Gases Ideais: uma proposta de trabalho para o segundo ano do ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS (SINECT), 4, Ponta Grossa (PR), 2014. **Anais [...]**. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2014/>>. Acesso em: 18 out. 2020.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). Superintendência de Educação. **Diretrizes Curriculares da rede pública de Educação do Paraná (DCE): Física**. Curitiba: SEED/PR, 2008.

_____. **Diretrizes Curriculares da rede pública de Educação do Paraná (DCE): Matemática**. Curitiba: SEED/PR, 2008.

_____. **Diretrizes Curriculares da rede pública de Educação do Paraná (DCE): Química**. Curitiba: SEED/PR, 2008.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 18, n. 1, p. 23–39, 2012.

SOUZA, A. R.; YONEZAWA, W. M. Conhecendo os aspectos técnicos e as oportunidades das TICs como ferramentas aplicadas ao ensino. In: ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (Orgs.). **Divulgação científica e ensino de ciência: estudos e experiências**. São Paulo: Escrituras editora, 2006. (Educação para a Ciência, 7).

VALENTE, J. A. (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. 1^a. ed. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

_____. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. UNICAMP/Instituto de Artes – Tese de Livre Docência. Campinas, SP: 2005.

WERTSCH, J. V.; Apresentação. In: VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R. **Estudos sobre a história do comportamento**: o macaco, o primitivo e a criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

_____. **La mente en acción**. 1ª. ed. Buenos Aires, AR. Aique, 1999, 304p. – (Colección Psicología Cognitiva y Educación).

_____. **Voces de la Mente**: un enfoque sociocultural para el estudio de la Acción Mediada. Traducción de Adriana Silvestri. Visor distribuciones: Madrid. Colección: Aprendizaje, n. 92, 1993.

ZANON, L. B.; MALDANER, L. O. (Orgs.). Fundamentos e propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil. In: dos SANTOS et al. **Química e Sociedade**: ensinando Química pela construção contextualizada de conceitos químicos. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2007, p. 67-88.