



Embalagens de bebidas comerciais nas aulas de química

Commercial beverage packaging in chemistry classes

Emmanuela Florian Marques

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
emmanuela.marq@gmail.com

Raquel Negrini Guimarães

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
rsquelnegrini@gmail.com

Pamela Carvalho Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
pamelacarvalho.pam@gmail.com

Elaine Pavini Cintra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
elainecintra@ifsp.edu.br

Resumo:

A partir da temática das embalagens de bebidas comerciais, considerando aspectos econômicos, ambientais e técnicos foram desenvolvidas atividades que deram suporte aos estudantes para a escolha do material mais adequado para a confecção das embalagens. As intervenções foram realizadas em aulas experimentais de química estudando-se os conceitos de densidade e capacidade térmica de materiais. Considerando a importância da alfabetização gráfica na formação cidadã dos alunos, os dados foram trabalhados por meio de recursos não só textuais como também gráficos e algébricos. Observou-se que os discentes apresentaram algumas dificuldades, principalmente no que diz respeito à coleta de dados, elaboração de gráficos, a partir de tabelas com dados experimentais, e interpretação das informações. Os resultados encontrados nas etapas experimentais geraram conhecimento para construção das argumentações e discussões a respeito da escolha das embalagens mais eficientes levando em conta aspectos relacionados ao gasto energético com o transporte, à emissão de CO₂ (na fabricação das embalagens e distribuição dos produtos) e à influência da composição da embalagem no processo de resfriamento da bebida.

Palavras-Chave: embalagens de bebidas; densidade; capacidade térmica.

Abstract:

In this work we developed activities that enable students to select the most suitable materials for packing soft drinks. We considered economic, environmental and technical aspects concerning commercial beverage packaging. The interventions were carried out in experimental chemistry



classes. The concepts of density and thermal capacity of materials were studied. Considering the importance of graphic literacy in the students' citizenship, the data were worked through not only textual but also graphic and algebraic resources. It was observed that the students presented some difficulties to elaborate graphs from tables with experimental data and to interpret information. The results obtained in the experimental stages generated knowledge for the construction of the arguments and discussions about the choice of the most efficient packaging taking into account aspects related to energy expenditure with transportation, CO₂ emission (in the manufacture of packaging and distribution of products). The influence of the composition of the package in the process of cooling the beverage was investigated.

Keywords: beverage packaging; density; thermal capacity.

Resumen:

A partir de la temática de las embalajes de bebidas comerciales, considerando aspectos económicos, ambientales y técnicos se desarrollaron actividades que dieron soporte para la elección del material más adecuado para la confección de embalajes. Las intervenciones se realizaron en clases experimentales de química estudiando los conceptos de densidad y capacidad térmica de materiales. Considerando la importancia de la alfabetización gráfica en la formación ciudadana de los alumnos, los datos fueron trabajados por medio de recursos textuales, gráficos y algebraico. Se observó que los alumnos presentaron algunas dificultades, principalmente en lo que se refiere a la obtención de datos, elaboración de gráficos a partir de tablas con datos experimentales e interpretación de las informaciones. Los resultados encontrados en las etapas experimentales generaron conocimiento para la construcción de las argumentaciones y discusiones acerca de la elección de las embalajes más eficientes teniendo en cuenta aspectos relacionados al gasto energético con el transporte, la emisión de CO₂ (en la fabricación de las embalajes y distribución de los productos) la influencia de la composición de la embalaje en el proceso de enfriamiento de la bebida.

Palabras clave: envases de bebidas; densidad; capacidad térmica.

Introdução

Nas últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos têm exercido grande influência nos hábitos e cotidiano dos jovens, principalmente aqueles em idade escolar. Por esse motivo almeja-se que o ensino das Ciências considere e aborde esses temas permitindo realizar contextualizações próximas à realidade dos estudantes. (Sasseron, 2013).

A contextualização de conteúdos científicos materializa e torna os conceitos curriculares socialmente mais relevantes, contribuindo para uma formação crítica e interativa sobre situações reais para os estudantes. (Santos, 2007).

As embalagens de bebidas comerciais fazem parte dos avanços tecnológicos da vida moderna. Atualmente existe uma extensa variedade de embalagens que visam manter a qualidade do



conteúdo armazenado, além de possibilitar o transporte e a comercialização desses produtos. A tabela 1 traz dados relacionados a quatro tipos de embalagens: garrafas de vidro, embalagens de Politereftalato de etileno (PET), embalagens longa vida (tetrapack) e latas de alumínio.

Tabela 1. Relação entre diferentes tipos de embalagens e seus aspectos técnicos.

Aspectos Técnicos	Vidro	PET	Cartonada	Alumínio
Massa embalagem (g/L (bebida))	950	27	30	25,7
Reciclagem (%)	100	100	-----	100
Reutilização	Viável	Viável	Inviável	Inviável
Necessidade de conservante na bebida	Sim	Sim	Dispensa	Sim
GHG* (gCO ₂ eq./L)	555/0,75L	151/2L	-----	312/0,33L

*Greenhouse Gases

Fonte: (Amienyo et al., 2013) adaptado.

A partir de uma análise detalhada da tabela é possível verificar a necessidade de reflexão na escolha da embalagem para os fins a que se destina. Um aspecto que deve ser avaliado é a relação entre a massa do conteúdo com a da embalagem, pois deve ser considerado o custo para a distribuição e, no enfoque da logística reversa, pressupõe-se prever o gasto para o vasilhame voltar ao distribuidor. Quando contemplamos aspectos da reutilização, somente o vidro e o PET se apresentam viáveis. Analisando o parâmetro de emissão de gases relacionados ao aquecimento global (GreenHouse Gases) que contempla a emissão de gás CO₂ em diferentes momentos do ciclo de vida da embalagem como transporte, gestão de resíduos, energia necessária na refrigeração e matéria-prima, deduz-se que a embalagem que apresenta maior impacto ambiental é o vidro, seguida pelas embalagens de Al e PET. Entretanto, estudos (Amienyo et al., 2013) mostram que esse cenário é alterado à medida que a embalagem de vidro passa por vários processos de reutilização equiparando-se ao Al e ao PET (2,0 L), após ser reutilizada por 3 vezes (esse número torna-se consideravelmente maior se comparado com a PET de 0,5 L).

O breve cenário descrito acima, permite ao leitor refletir sobre algumas das variáveis associadas à escolha das embalagens. O crescimento na demanda das embalagens de bebidas e, por consequência, o aumento do descarte após o consumo tem motivado pesquisas que avaliam os impactos ambientais causados por estes resíduos (Valt, 2004). Só no Brasil são consumidos cerca de 13 bilhões de litros de refrigerantes que representam aproximadamente 3,5 bilhões de garrafas de vidro, 6,2 bilhões de garrafas PET e 2,8 bilhões de latas de alumínio (Valt, 2008).

Gerenciar os resíduos sólidos, principalmente nas grandes cidades, tem sido desafiador para as autoridades, já que o aumento destes resíduos gera problemas no âmbito da saúde pública, custos de recolhimento e processamento e falta de espaço nos depósitos de lixo (Layrargues, 2011).



Uma educação que estimule a disposição adequada do lixo coopera tanto para redução do volume dos resíduos, como para um ensino contextualizado, que pode utilizar este cenário para desenvolver atividades que busquem um olhar crítico acerca do uso, produção e descarte desses materiais. A proposta de avaliação e discussão dos fatores a serem considerados na escolha da embalagem mais adequada para bebidas, sob a perspectiva CTS, possibilita relacionar conceitos habitualmente desenvolvidos nas aulas de química com aspectos ambientais do problema, proporcionando o desenvolvimento de habilidades que podem melhorar a capacidade crítica do aluno, contribuindo para a escolha de bebidas em embalagens que causem menor impacto ambiental.

Contextualização teórica

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010) sancionada em 2010 tem como objetivo a gestão adequada dos resíduos sólidos produzidos no Brasil. Desta forma vem promovendo ações voltadas para extinção dos lixões, a implementação da Logística Reversa de Produtos (LR) e a responsabilidade compartilhada dentro da cadeia produtiva. O termo “Logística Reversa” pressupõe a devolução dos resíduos aos fabricantes, para que o mesmo seja reaproveitado como matéria-prima em novos ciclos produtivos (Sena, 2012). Sob o ponto de vista da LR de produtos deve-se considerar que ela se baseia na participação de diferentes setores da sociedade, cada qual agindo segundo um conjunto próprio de motivações e restrições. A eficiência da LR depende da dinâmica desta rede, no sentido do quanto a comunicação entre os atores – setor privado, Estado e consumidores – e seus desempenhos individuais são capazes de garantir o fluxo adequado de retorno de materiais. (Agostinho & Silva, 2013; Mateus, Machado & Brasileiro, 2009).

Neste cenário, o desenvolvimento de situações-problema relacionando as causas associadas ao aumento dos resíduos sólidos, principalmente nas grandes cidades, e a responsabilidade de seus membros na destinação adequada desses resíduos pode ser considerado uma estratégia relevante para a formação cidadã.

As abordagens de aspectos do cotidiano relacionados à ciência, tecnologia e sociedade demonstram que o ensino de ciências não se limita à padronização de fenômenos ou à denominação de princípios científicos. Nesse sentido a contextualização vem com o objetivo de promover o desenvolvimento de atitudes e valores, facilitar a aprendizagem de conceitos e incentivar os alunos a perceberem, em seu cotidiano, aspectos ligados à natureza da ciência. (Santos, 2007; Cintra, 2017).

Na mesma linha de pensamento temos, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (Brasil, 2006), o objetivo de trabalhar habilidades e competências que ofereçam subsídios para intervenções e julgamentos a respeito de equipamentos, procedimentos técnicos, coleta e análise dados, a fim de avaliar benefícios e prejuízos em processos tecnológicos presentes na vida social e profissional dos cidadãos. Ainda, as tecnologias sinalizadas nos documentos oficiais orientam uma adequação pedagógica contextualizada, que respeite o desenvolvimento cognitivo e afetivo e promova o desenvolvimento de competências e habilidades de acordo com os conteúdos.



Ciência tecnologia e sociedade (CTS)

As práticas de ensino Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), incluídas ao currículo das ciências, relevam a importância do saber relacionado à resolução de problemas, à análise crítica de diferentes pontos de vista e argumentos, à necessidade da discussão a respeito da formulação de novas questões e à validação das mesmas. Para isso é interessante a organização de programas e currículos de ciências que sigam as orientações e modelos, preconizados pelo movimento CTS (Strieder & Kawamura, 2017; Santos, 2011).

O movimento CTS é uma proposta pedagógica que desvincula a ideia de ciência neutra, absoluta e impessoal para uma ciência que se aproxima da realidade do aluno, trazendo significado para aquilo que é estudado. Uma das proposições desde ensino é dar subsídio ao aluno para que ele possa entender e refletir sobre os problemas que afetam o cidadão (Santos & Auler, 2011; Santos, 2007; Moraes & Araújo, 2012). De acordo com o pensamento freireano a educação deve possibilitar o encorajamento dos sujeitos para a compreensão e participação nas questões que envolvem ciência, tecnologia, economia e política, considerando que a educação é um ato político (Freire, 1989).

No que tange o ensino baseado na educação CTS é possível estabelecer *propósitos educacionais* relacionados a três aspectos distintos: *racionalidade científica*, *desenvolvimento tecnológico* e *participação social* que estão associados ao desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais. (Strieder & Kawamura, 2017).

O primeiro aspecto, *racionalidade científica*, está atrelado às explicações e discussões a respeito da presença da ciência no mundo e dos aspectos de seus produtos, além disso, preocupa-se em analisar e questionar as investigações provenientes dos produtos das ciências. Assim, é necessário chamar a atenção para a presença do conteúdo científico no meio social do discente, ou seja, desenvolver atividades voltadas para aspectos que possam ser observados em seu cotidiano onde o aluno seja capaz de relacionar os conceitos científicos com situações familiares a eles, facilitando a construção do conhecimento. (Strieder & Kawamura, 2017).

No que diz respeito ao *desenvolvimento tecnológico*, o ensino deve estar pautado em abordagens de questões técnicas, análise das relações entre instrumentos e sociedade, estudo das transformações decorrentes do avanço tecnológico, além do reconhecimento das necessidades sociais frente a produção de novas tecnologias. Por esse motivo deve-se priorizar a utilização de atividades que promovam a compreensão de propriedades técnicas dos produtos, dando subsídios para uma argumentação sólida a respeito desses materiais. (Strieder & Kawamura, 2017).

A *participação social* está relacionada com a avaliação dos pontos positivos e negativos associados à ciência e à tecnologia, envolvendo decisões individuais, coletivas, além de situações específicas para obtenção de informações relevantes para o conhecimento das condições do meio social. Outro ponto importante, nesse mesmo cenário, é a discussão de problemas e transformações sociais ocasionados em função do avanço da ciência e da tecnologia e a compreensão da importância de políticas públicas que visem melhorar a condição de vida dos cidadãos. (Strieder & Kawamura, 2017).



Neste trabalho a exploração das propriedades dos materiais foi realizada por meio de experimentações envolvendo o manuseio de instrumentos de medida, análise de dados tabelados, construção de gráficos e cálculos que contribuem para o desenvolvimento de habilidades que, atreladas ao trabalho da problemática dos resíduos sólidos, apoiam a reflexão sobre o meio ambiente, a tecnologia e a sociedade (Santos, 2007).

Ainda, nele parte-se da ideia de que a educação científica contribui tanto para formação científica do educando quanto para sua formação cidadã. Um dos caminhos trilhado pelos discentes para alcançar tais objetivos foi a abordagem de temas relacionados ao seu cotidiano como as relações que podem ser estabelecidas para as diferentes características das embalagens de bebidas comerciais não alcoólicas.

Com o intuito de sensibilizar e trabalhar habilidades e conteúdos de forma contextualizada, foram abordados os conceitos de densidade, eficiência térmica de diferentes embalagens, emissão de gás carbônico proveniente do transporte desses materiais e fatores que podem ser considerados na escolha do tipo de embalagem mais adequada para uma determinada finalidade.

Metodologia

Dentro da perspectiva CTS este trabalho teve como objetivo desenvolver, a partir da temática das embalagens, conteúdos específicos de química e relacioná-los com situações-problema do cotidiano dos alunos. O projeto foi realizado com discentes que apresentavam dificuldades nas aulas de química e que necessitavam de atividades de recuperação. Os alunos cursavam o segundo ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Mecânica de uma Escola Técnica Federal do Estado de São Paulo. Foram elaboradas atividades que possibilitassem a participação ativa do discente, colocando-o como centro do processo de aprendizagem. As aulas, tanto experimentais quanto teóricas, ocorreram durante duas semanas em horários alternativos às aulas regulares. Trata-se de uma pesquisa qualitativa e as produções elaboradas pelos dos discentes como exercícios, tabelas, gráficos e textos foram analisadas de acordo com os critérios previstos na análise de conteúdo (Mendes & Miskulin, 2017). As interpretações dos resultados foram realizadas sob a ótica de referenciais teóricos específicos voltados ao ensino por investigação (Vidrik & Mello, 2016), à educação CTS (Strieder & Kawamura, 2017; Santos, 2011) e às concepções de conceitos físico-químicos (Mortimer & Amaral, 1998).

Na primeira semana os alunos trabalharam o conceito de densidade a partir de experimentos com materiais com diferentes composições. Cada grupo de alunos ficou responsável pela investigação de uma classe de material (madeira, ferro e isopor). O objetivo era investigar uma propriedade física importante na escolha de uma embalagem: a densidade, que influencia diretamente no gasto energético durante o transporte de produtos. O processo visou desenvolver habilidades voltadas para o manuseio de materiais de laboratório, observação, análise de dados e apresentação de informações em diferentes linguagens como gráficos e tabelas. A Figura 1 sintetiza as atividades desenvolvidas na primeira semana:

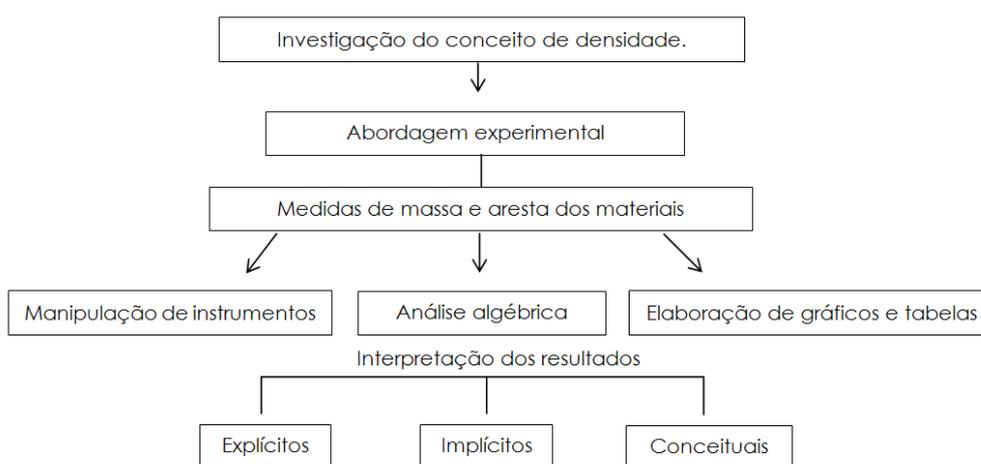


Figura 1: Esquema das atividades que foram desenvolvidas na 1ª Semana.

Posteriormente, buscou-se avaliar a condução de energia térmica intrínseca aos diferentes tipos de embalagens disponíveis para a comercialização de bebidas (PET, TretaPak, Vidro, Alumínio). A atividade proposta, investigou por meio de um ensaio experimental, qual embalagem era mais eficiente no processo de refrigeração de bebidas (na qual a bebida atingia a menor temperatura em um menor intervalo de tempo). A Figura 2 sintetiza as atividades desenvolvidas no segundo momento.

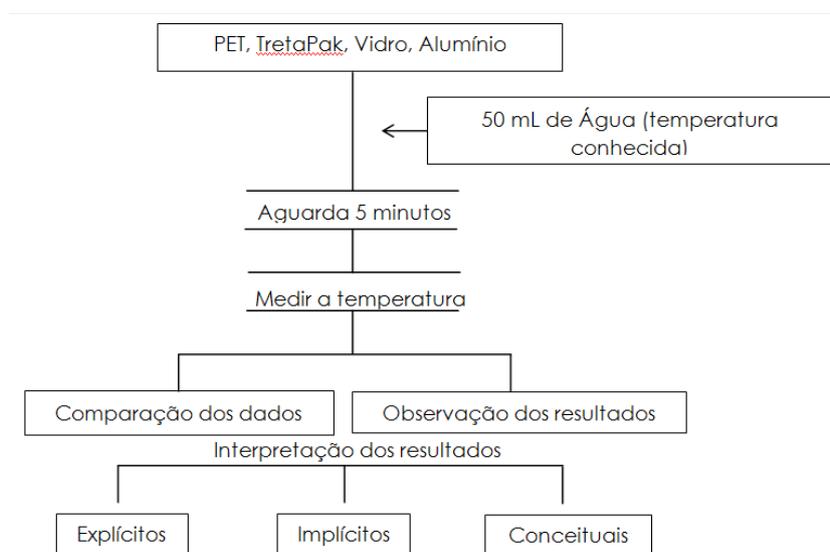


Figura 2: Esquema das atividades que foram desenvolvidas na 2ª Semana.



Resultados e Discussão

Para desenvolver o conceito de densidade partiu-se de uma proposta investigativa. Segundo Vidrik e Mello (2016) a abordagem investigativa ou ensino por investigação vai muito além de uma simples aula experimental, em que o aluno é um mero observador que só precisa desenvolver o que está escrito em um procedimento pré-estipulado. Atividades experimentais com perspectivas investigativas mostram que é possível esclarecer diferenças entre conceitos, que em sala de aula, por muitas vezes, são considerados de difícil compreensão. Nesta atividade os alunos foram divididos em grupos e cada grupo recebeu um conjunto de peças, de mesma constituição, com volumes diferentes. Nesta atividade eles deveriam relacionar a massa de diferentes materiais (madeira, ferro e isopor) com seu respectivo volume, coletar os dados em uma tabela e, posteriormente, elaborar um gráfico que representasse a relação $m \times V$. Os primeiros obstáculos observados nesta atividade foram relacionados à obtenção das medidas. Os alunos, em geral, apresentaram dificuldades em associar corretamente as medidas efetuadas nas arestas com as orientações apresentadas no roteiro experimental. Segundo Steffens, Veit e Silveira (2008) a medição é um estudo quantitativo no qual são realizadas associações de números às propriedades que estão sendo estudadas. As etapas realizadas neste experimento permitiram aos discentes uma reflexão sobre medidas lineares e possibilitou a percepção da diferença entre cálculos de área e volume. Ainda, segundo esses autores, é necessário que, durante as medidas, os docentes tenham atenção para as unidades que estão sendo utilizadas em cada aferição, a fim de que estas não sejam negligenciadas. Um fator importante na análise de dados numéricos é atentar-se às unidades. Trata-se de um aspecto essencial para o desenvolvimento do trabalho. Aprimorar esse olhar crítico e atento dos alunos é fundamental, pois possibilita a inserção desse conhecimento no seu cotidiano favorecendo o domínio das informações algébricas e suas unidades em rótulos de embalagens, por exemplo.

Atividades experimentais possibilitaram o desenvolvimento de habilidades relacionadas não só à medida de massas e volumes, mas também propiciaram a oportunidade para os alunos manusearem equipamentos de laboratório, realizarem observações e sugerirem hipóteses que explicassem os dados que estavam sendo coletados. A elaboração de argumentações e a discussão são muito importantes no processo de ensino e aprendizagem, pois o aluno vai se posicionando de maneira mais ativa na construção do conhecimento. Assim, o aluno deve reconhecer a situação como um problema e buscar solucioná-lo. Para isso, o uso de problematizações se torna um caminho interessante a se percorrer. Em momento algum desse trabalho foi indicado que a atividade tinha o objetivo de investigar o conceito de densidade, no entanto, ao calcularem a razão m/V , alguns alunos perceberam que existia uma concordância entre os valores encontrados para as diferentes amostras, apesar delas não possuírem as mesmas dimensões. Alguns discentes ainda demonstraram dificuldades em compreender a densidade como uma propriedade intensiva da matéria. Muitos acreditavam que a densidade de um material dependia somente da sua massa e não da relação massa/volume. Outros associaram os experimentos estudados aos seus conhecimentos prévios e notaram que se tratava da grandeza densidade, respondendo com êxito algumas das questões-problema apresentadas no roteiro de estudos.

Neste processo os alunos contavam com uma autonomia de trabalho maior que o habitual, exigindo que eles relacionassem o conteúdo estudado com seus conhecimentos prévios.



Esse aspecto se tornou relevante durante a aprendizagem, pois permitiu a identificação das dificuldades específicas de cada discente, uma vez que o trabalho era prático e eles deveriam decidir sobre as ações a serem realizadas para atingir os objetivos propostos. Como todo o processo foi acompanhado de perto pela docente e pelas monitoras, foi possível auxiliar os discentes, contribuindo para que eles pudessem superar suas dificuldades. Considerando que se tratavam de alunos com baixo rendimento na disciplina de química, esse envolvimento foi importante para a melhoria da autoestima e confiança desses alunos.

Outro ponto a ser destacado foi que o uso da calculadora científica, associado às deficiências na manipulação de algarismos significativos, levou os alunos a terem dificuldades em compreender os valores que estavam sendo obtidos. Por exemplo, para eles o valor 5,1893 era muito diferente do valor 5,2. Nesse momento foi novamente necessária a intervenção das monitoras e da professora, a fim de orientar a respeito da quantidade de algarismos significativos que deveriam ser utilizados, considerando os equipamentos que foram empregados nas medidas (régua e balança semianalítica).

A dificuldade relacionada ao uso de algarismos significativos possibilitou que o grupo refletisse sobre medidas e erros intrínsecos aos equipamentos, fomentando a discussão a respeito da relatividade de medidas experimentais. De acordo com Chalmers (1993) ensinar por investigação possibilita que os discentes desenvolvam habilidades relacionadas ao fazer ciências, aproximando os conhecimentos científicos aos conteúdos escolares.

Foi proposto aos alunos a elaboração de um gráfico utilizando os dados de massa e volume previamente coletados. Após lançar os pares de pontos e traçar a reta média no gráfico, os discentes calcularam sua inclinação. Nessa etapa foi possível identificar a falta de familiaridade dos alunos no que diz respeito a elaboração de representações gráficas, muitos deles não sabiam como estabelecer a escala para distribuição homogênea e otimizada dos pontos, traçar a curva mais adequada ao conjunto de pontos obtidos (muitos alunos acreditavam que era necessário somente ligar os pontos) e, finalmente, calcular o coeficiente angular da curva. Para auxiliar no processo foi fornecida a relação algébrica que permitia o cálculo, assim como orientações para a escolha dos pontos adequados. Os discentes foram então questionados a respeito dos resultados obtidos para a inclinação da reta e qual o seu significado físico. A maioria percebeu a similaridade dos valores entre o coeficiente angular e o cálculo algébrico (m/V) realizado anteriormente, deduzindo que se tratava de uma propriedade intrínseca da matéria (densidade), como apresentada na resposta de uma das questões das atividades:

“O gráfico é uma outra forma de apresentar os resultados da tabela e fazer previsões sobre a densidade do material.” (Aluno Participante 1).

Os grupos obtiveram valores diferentes para dos coeficientes angulares das retas, o que permitiu a conclusão de que os diferentes materiais (ferro, madeira e isopor) possuem densidades diferentes. O uso de representações gráficas em aulas de química para alunos do ensino secundário, de um modo geral, é acompanhado por dificuldades, que podem estar relacionadas à mudança de contexto na qual essas representações são trabalhadas, ou seja, um gráfico na disciplina de química, muitas vezes, é tido como mais difícil que um gráfico em matemática, mesmo sendo semelhantes no que diz respeito à estrutura. Ressalta-se a



importância deste tipo de abordagem no processo de alfabetização gráfica, proporcionando ao educando integrar conhecimentos de diferentes áreas. (Peixoto & Cruz, 2011).

Uma vez construído o conceito de densidade, foram apresentados gráficos que relacionam a massa e o volume das diferentes embalagens de bebidas: politereftalato de etileno (PET), TetraPak, Alumínio e Vidro. Por meio dessas representações os alunos determinaram a densidade de cada uma das embalagens e discutiram, de maneira geral, como esses valores poderiam influenciar na quantidade de energia gasta durante o processo de distribuição das bebidas nos centros de venda.

Por meio de uma situação-problema analisada pelos discentes foi colocado em discussão a questão emissão de CO₂ (g) como consequência deste gasto de combustível no transporte de bebidas. Utilizando informações presentes na literatura (Amienyo et al. 2013) foi apresentada a relação de gramas de CO₂ equivalente por litro de bebida transportada - GWP (g CO₂ eq/L). Os alunos informam que há uma relação direta entre a emissão do CO₂ com a densidade das embalagens utilizadas, sendo a embalagem de vidro a que apresenta o maior valor (555 g CO₂ eq/L), 312 g CO₂ eq/L para a embalagem de alumínio e 293 g CO₂ eq/L para a embalagem de PET.

Quando perguntados a respeito da embalagem mais vantajosa, levando em consideração a emissão de gás dióxido de carbono, emitido no transporte dessas embalagens tanto na distribuição quanto na logística reversa, e sua densidade grande parte dos alunos argumentou que a PET seria a melhor escolha para o transporte de bebidas, a seguir é apresentado um excerto de uma resposta apresentada por um dos alunos participantes da pesquisa,

"(...)PET, porque dentre os materiais apresentados no gráfico é o que apresentou a menor densidade, com isso é transportado certa quantia de massa com menos densidade deixando o transporte mais leve, assim liberando menos CO₂." (Aluno Participante 2).

De forma geral os discentes conseguiram compreender que a densidade é uma propriedade intrínseca de cada embalagem e quanto menor esse valor, menor será o gasto energético e menor a emissão de gases GHG. A emissão de CO₂ é um parâmetro importante no estudo do ciclo de vida de produtos. Trata-se de um parâmetro que deve ser considerado não somente na logística de distribuição e no gasto para o retorno do resíduo após o consumo para o processo de reciclagem, mas também na obtenção da matéria-prima e na produção da embalagem. Neste trabalho não foi possível avaliar quantitativamente todos esses dados, uma vez que nem todos podiam ser obtidos de forma relativamente simples, sem a necessidade de consulta a artigos extremamente específicos que consideram as "pegadas" de CO₂, água e energia no ciclo de vida desses produtos.

Dando continuidade, os alunos realizaram outro ensaio experimental investigando qual embalagem era mais eficiente no processo de refrigeração de bebidas (na qual a bebida atingia a menor temperatura em um menor intervalo).

Vários conceitos da físico-química não são bem compreendidos ou são confundidos pelos alunos, como os conceitos de calor, temperatura, energia interna e entropia. Na maioria das vezes isto deve ao conhecimento adquiridos pelo aluno em sua vivência diária e



pela própria linguagem empregada, que nem sempre corresponde à linguagem aceita pela comunidade científica. Por isso, as definições devem ser formuladas com precisão e as diferenças entre vários conceitos, trabalhadas cuidadosamente para que o aluno adquira os conceitos científicos (Gonçalves, Veit & Silveira, 2006).

Estudos mostram que professores de física encontram dificuldades na elaboração de experimentos em termodinâmica e calorimetria que ilustram e exemplificam os conceitos de temperatura e calor sem causar confusão no entendimento dos discentes. Por esse motivo tem-se a necessidade do desenvolvimento de atividades envolvendo esses fenômenos por meio de metodologias que permitam aos alunos discutir, com base em questões do cotidiano, os conceitos de transferência de calor, temperatura e eficiência térmica (Lüdke et al., 2013).

O conceito de calor específico associado a cada uma das embalagens foi abordado medindo-se o tempo necessário para que mesmas massas de água acondicionadas em embalagens de PET, Tetra Pak, Vidro e Alumínio em contato com um banho de gelo atingissem a mesma temperatura. Os dados obtidos foram compilados em tabelas e posteriormente analisados. Os resultados serviram como base para que os alunos pudessem julgar a respeito da facilidade de refrigeração da água (ou de uma outra bebida qualquer) em função do material constituinte da embalagem e construir argumentos, com base em seus conhecimentos de ciências, que justifiquem o comportamento de cada material. Ou seja, os experimentos possibilitaram a verificação da taxa de resfriamento e permitiram relacionar o conceito de equilíbrio térmico e a direção do fluxo de energia.

Nos relatos apresentados pelos discentes foram identificadas dificuldades na compreensão dos conceitos de calor e temperatura. Nas suas concepções há dois tipos de calor: o quente e o frio, e ainda acreditam que a sensação térmica seja uma evidência da temperatura de um objeto. Esses resultados são importantes pois abrem caminho para o estudo dos conceitos de calor e temperatura, também sobre o ponto de vista cinético-molecular, contribuindo para o esclarecimento desses conceitos. De acordo com Mortimer e Amaral (1998) a temperatura pode ser associada à energia cinética média das moléculas, íons ou átomos que compõem as substâncias e uma maior ou menor temperatura depende da agitação térmica desses componentes. A transmissão de energia, na forma de calor, por condução térmica também pode ser discutida pelo mesmo modelo. Por meio de sucessivas colisões parte da energia cinética dos átomos da região mais aquecida é transferida para os átomos da região vizinha, a uma menor temperatura. O fluxo continuará enquanto existir uma diferença de temperatura. Com esse mecanismo o sistema busca atingir o equilíbrio térmico. A discussão dos conceitos básicos envolvendo calor e temperatura são importantes para que os discentes sigam nos estudos de conceitos mais avançados (como lei de Hess, calor de formação, etc) compreendendo as diferenças entre conceitos científicos e as concepções do cotidiano. (Mortimer & Amaral, 1998)

Ainda como resultado os discentes relataram que o alumínio era a embalagem mais adequada para o resfriamento e justificaram sua escolha levando em conta que, por ele ser um metal, tem maior condutibilidade térmica e o equilíbrio térmico entre a água, a embalagem e o banho de gelo era estabelecido mais rapidamente. Outros conceitos poderiam ser discutidos neste experimento como o cálculo da quantidade de energia envolvida no processo de resfriamento, entretanto, por limitação de aulas disponíveis eles não puderam ser abordados.



Considerações Finais

Para discutir alguns dos fatores que devem ser levados em conta na escolha das embalagens utilizadas cotidianamente, partimos de uma proposta investigativa, na qual duas propriedades da matéria foram desenvolvidas: a densidade e a capacidade térmica dos materiais. A investigação experimental utilizada em todas as intervenções propiciou um maior protagonismo e autonomia ao aluno (Sasseron, 2013), aspecto que se revelou importante considerando a desmotivação inicial dos alunos para o estudo de conceitos relacionados à disciplina da química. O uso de conceitos físico-químicos, como suporte para a discussão de questões aplicadas, contribuiu significativamente para a aprendizagem dos discentes e para a reflexão da importância do estudo da química para na resolução de problemas relacionados ao cotidiano.

O uso de diferentes formas de representação dos dados e resultados em tabelas e gráficos nas aulas de química, de um modo geral, é acompanhado por dificuldades, uma vez que, neste caso essas representações aparecem em um contexto diferente daquele presente nas aulas de matemática. (Peixoto & Cruz, 2011). As representações algébricas desenvolvidas no estudo associadas à demanda de interpretação conceitual dos resultados obtidos foi um aspecto importante do processo de aprendizagem, pois exigiu o envolvimento individual de cada discente.

O desenvolvimento deste projeto tornou possível associar conhecimentos, relacionando conceitos habitualmente desenvolvidos em aulas de química com uma problemática importante na nossa vida moderna: a reflexão sobre os aspectos que devem ser considerados na escolha de embalagens para bebidas.

Bibliografia

- Agostinho, M. C. E., & Silva, N. F. (2013) O consumidor como fator crítico na logística reversa de eletrônicos. Anais: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia De Produção, Salvador.
- Amienyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H., & Azapagic, A. (2013). Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 77-92.
- Brasil, MEC - Secretaria da Educação Básica. (2006). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*, Brasília, v.2, 135p.
- Brasil, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. (2010); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Distrito Federal: *Diário Oficial da União*.
- Chalmers, A. F., & Fiker, R. (1993). *O que é ciência afinal?*. São Paulo: Brasiliense.
- Cintra, E. P. (2017). O ciclo de vida de produtos associado aos conhecimentos desenvolvidos nas aulas de química. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- Freire, P. (2017). *A importância do ato de ler em três artigos que se completam* (Vol. 22). Cortez editora.
- Gonçalves, L. D. J., Veit, E. A., & Silveira, F. L. D. (2006). Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio. *Encontro Estadual de Ensino de Física*. (1.: 2005 nov. 24-26: Porto Alegre, RS). Atas. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2006.



- Layrargues, P. P. (2011). O cinismo da reciclagem. *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*, 2, 200-217.
- Lüdke, E., Adornes, A. G., Gomes, C. A., & Adornes, R. B. (2013). Um experimento para ensino de conceitos de transferência de calor em laboratório de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1503-1-1503-4.
- Mateus, A. L. M. L.; Machado A. H., & Brasileiro L. B. (2009). Articulação de Conceitos Químicos em Um Contexto Ambiental por Meio do Estudo do Ciclo de Vida de Produtos. *Química Nova na Escola*, 31(4), p.231-234.
- Mendes, R. M. & Miskulin, G. S. (2017). A Análise de Conteúdo como uma Metodologia. *Cadernos de Pesquisa*, 47(165), p.1044-1066.
- Moraes, J. U. P., & Araújo, M. S. T. (2012). O Ensino De Física e o Enfoque CTSA. Caminhos Para Uma Educação Cidadã. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Mortimer, E. F., & AMARAL, L. O. F. (1998). Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, 7(1), 30-34.
- Peixoto, A. M. D., & Cruz, E. (2011). O desafio do trabalho com gráficos no processo ensino-aprendizagem de geografia. *Vértices, Campos dos Goytacazes*, 13(3), 127-168.
- Santos, W. L. P. (2008). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v.1, p 1-12.
- Santos, W. L. P., & Auler, D. (2011). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. *Brasília: Editora Universidade de Brasília*.
- Sasseron, L. H. (2013). Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. 1 p. 41-60.
- Sena, F. R. (2012). Evolução da Tecnologia Móvel Celular e o Impacto nos Resíduos de Eletroeletrônicos. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Steffens, C. A., Veit, E. A., & da Silveira, F. L. (2008). Uma introdução ao processo da medição no ensino médio. César Augusto Steffens, Eliane Angela Veit, Fernando Lang da Silveira.- Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física.
- Strieder, R. B., & Kawamura, M. R. D. (2017). Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 10(1), 27-56.
- Valt, R. B. G. (2004). *Análise do ciclo de vida de embalagens de pet, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Paraná.
- Valt, R.B.G. (2008). Ciclo de vida para embalagens de bebidas no Brasil. *Revista da Lata Desempenho do Setor no Brasil*, Edição 2008, p. 17.
- Vidrik, E. C. F., & de Mello, I. C. Ensino de química por investigação em um centro de educação de jovens e adultos. *Revista Polyphonia*, 27(1), 555-571.