

PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS A UM BAIXO CUSTO: ADAPTAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS DE FÓSFOROS DE SEGURANÇA E GARRAFAS PET PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

PROPOSAL OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES AT LOW-COST: ADAPTATION OF TECHNICAL STANDARDS FOR SAFETY MATCHES AND PET BOTTLES FOR SCIENCES OF NATURE AND ENVIRONMENTAL EDUCATION TEACHING

Thabata de Souza Araujo Oliveira [thabata.araujo96@gmail.com]

Renata Cristina Nunes [nunesrenatac@gmail.com]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Cabo Frio

RESUMO

Há consenso na literatura que a experimentação é um importante recurso educacional, embora geralmente envolva atividades que nem sempre têm qualquer conexão com a vida cotidiana dos alunos. Com o objetivo de contribuir para esse problema e promover a Educação Ambiental, este trabalho adaptou as regulamentações técnicas de produtos do cotidiano dos estudantes para o desenvolvimento de experimentos acessíveis. Para cumprir esse objetivo, escolheram-se produtos de baixo custo e alto consumo. Além disso, foi utilizado o critério de que os materiais utilizados para os experimentos deviam ser acessíveis. A partir desses critérios, foram selecionadas as normas ABNT NBR 15395 - Garrafa PET soprada para refrigerantes e água - Requisitos e métodos de teste e ABNT NBR 13725 - Fósforos de segurança - Métodos de teste. Foi possível adaptar seis ensaios, criando-se então, seis experimentos diferentes que são relevantes porque podem estimular a interdisciplinaridade entre ciências naturais e suas tecnologias. A discussão relacionada aos experimentos permite contextualizá-la com a qualidade dos produtos e sua relação com a saúde e segurança do consumidor. As propostas aqui apresentadas permitem flexibilidade ao docente de trabalhá-las reunidas por produtos ou separadamente. Na aplicação com uma turma do 3º ano do Ensino Médio, as normas selecionadas foram apresentadas e os ensaios adaptados foram realizados pelos alunos, com o auxílio do docente quando necessário, oportunizando o desenvolvimento de habilidades de interpretação, observação e comunicação de conhecimentos científicos. Os estudantes mostraram-se interessados e curiosos com relação aos ensaios realizados e a ciência e tecnologia envolvidas nos processos. Os testes permitiram uma rica discussão sobre a qualidade dos produtos e sua influência nos hábitos de consumo, segurança e consequências para o meio ambiente. Além disso, essas adaptações podem inspirar outros docentes para escolher normas que sejam mais significativas para o contexto no qual a comunidade escolar está inserida.

PALAVRAS-CHAVE: Normas Técnicas; Atividades Experimentais; Ensino de Ciências; Educação Ambiental; Experimentos de Baixo Custo.

ABSTRACT

There has been a consensus in the literature that experimentation is an important educational resource, although it usually involves activities that are not always connected with students'

daily lives. Aiming of contributing to this problem and promoting Environmental Education, this work adapted the technical regulations of students' daily products for the development of accessible experiments. Then, to achieve this aim, low-cost, high-consumption products were chosen. Furthermore, it was defined the criterion that the materials used for the experiments should be accessible. From those criteria, ABNT NBR 15395 standards - Blown PET bottle for soft drinks and water - Requirements and test methods, and ABNT NBR 13725 - Safety matches - Test methods were selected. It was possible to adapt six essays, thus creating six different experiments that are relevant because they might stimulate interdisciplinarity between natural sciences and their technologies. The discussion about the experiments allows to contextualize it with the quality of the products and their relationship with the health and safety of the consumer. The proposals presented here allow the teacher flexibility to work them together by products or separately. In an application with a class of the third year of High School, the selected rules were presented, and the adapted tests were carried out by the students, with the help of the teacher whenever necessary, allowing the development of interpretation, observation, and communication of scientific knowledge skills. The students were interested and curious about the tests developed, and the science and technology involved in the processes. The tests led to a rich discussion about the quality of the products and their influence on consumption habits, safety, and consequences for the environment. Accordingly, these adaptations may inspire other teachers to choose standards more meaningful for the context in which the school community is located.

KEYWORDS: Technical Standards; Experimental Activities; Science Teaching; Environmental Education; Low-Cost Experiments

INTRODUÇÃO

O Programa de Análise de Produtos, um projeto do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), contribuiu expressivamente para a melhora da qualidade de produtos e serviços, colaborando com a criação e revisão de normas técnicas e a determinação de certificações voluntárias e compulsórias e estimulando a competitividade da indústria brasileira (BORGES e SALLES, 2008). Compartilhando os resultados de seus ensaios, majoritariamente, através da televisão (no programa chamado Fantástico, da Rede Globo de Televisão), o Programa de Análise de Produtos ainda popularizou a discussão sobre a importância da qualidade do que é consumido para a preservação da saúde e segurança do consumidor e as informações técnicas para alcançá-la.

Considerando que essas informações técnicas são fundamentadas em atitudes, procedimentos e conceitos científicos, julgou-se que a sua abordagem em sala de aula oportunizaria o ensino das Ciências da Natureza voltado à formação de um cidadão crítico e consciente. Tal abordagem pode ser possibilitada pelo desenvolvimento de atividades experimentais baseadas em ensaios detalhados nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Tendo em vista que as valiosas contribuições da experimentação para o ensino de Ciências são potencializadas quando existe a conexão entre a atividade e a realidade do estudante, desenvolver atividades experimentais baseadas em normas técnicas, especialmente de produtos encontrados no cotidiano, haveria esse ganho, contextualizando o experimento aplicado. Ademais, garantindo-se a ligação entre a experimentação e o dia a dia, a abordagem dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias direcionados a um mesmo objeto de estudo seria facilitada, ou seja, promover-se-ia a interdisciplinaridade. Ainda, auxiliaria a compreensão dos estudantes quanto às relações entre Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, possibilitando o estímulo ao consumo consciente, justamente um dos

objetivos do Programa de Análise de Produtos ao popularizar, dentre outras questões, as normas técnicas (BORGES e SALLES, 2008).

De fato, mais do que um dos objetivos do mencionado programa do Inmetro, a promoção do consumo responsável faz parte de uma das competências gerais da Educação Básica, trazidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), o que passa por cuidados relacionados à segurança e saúde, portanto, à qualidade, e também à sustentabilidade. Dentre as competências gerais, ainda se encontra “[...] recorrer à abordagem própria das ciências [...]” (BRASIL, 2018, p. 9), o que pode ser desenvolvido através da experimentação. Sendo assim, a proposta de concepção de atividades experimentais baseadas em ensaios descritos em normas técnicas pode contribuir significativamente para que competências consideradas essenciais sejam amadurecidas ou construídas pelos estudantes ao longo da Educação Básica, precisamente o público para o qual as atividades pensadas são direcionadas.

Contudo, devido à infraestrutura das instituições brasileiras de ensino e, até mesmo, a complexidade de alguns procedimentos, os ensaios contidos nas normas técnicas devem ser adaptados a fim de que sejam passíveis de aplicação independentemente da realidade da escola em questão, como feito por Santos e Nunes (2015) na adaptação de testes de qualidade de sacolas plásticas para o Ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Por isso, os objetivos deste trabalho são adaptar normas técnicas da ABNT para o ensino de Ciências, especificamente as normas relacionadas aos fósforos de segurança e garrafas PET, ambos de fácil aquisição e considerável presença no cotidiano, elaborando experimentos baseados nas normas técnicas ABNT NBR 15395 - Garrafa PET soprada para refrigerantes e água - Requisitos e métodos de teste e ABNT NBR 13725 - Fósforos de segurança - Métodos de teste, para obter experimentos que sejam de baixo custo e que estejam relacionados ao cotidiano dos educandos, estimular a interdisciplinaridade entre as áreas de conhecimento que constituem as Ciências da Natureza e promover a educação ambiental ao conscientizar os educandos sobre o consumo

Para melhor entendimento dos desdobramentos deste trabalho, o artigo foi dividido em cinco partes principais. A primeira delas é a introdução, finalizada neste parágrafo. Em seguida, encontra-se a fundamentação teórica, que traz alguns pontos cuja compreensão para o completo entendimento da pesquisa é essencial. Depois, é trazida a parte intitulada como métodos e materiais, que discorre brevemente sobre a metodologia seguida. A quarta parte, os resultados e discussões, engloba os procedimentos e materiais utilizados em cada experimento resultante da adaptação das normas técnicas ABNT NBR 15395 e ABNT NBR 13725 e sugestões de conceitos e contextos a serem abordados em sala de aula, sendo finalizada pelo breve relato de uma aplicação das atividades experimentais obtidas. Por fim, tem-se a quinta parte, as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 101-102) destacam que a organização do currículo em áreas de estudo representou um avanço educacional ao estimular a promoção de “[...]ações interdisciplinares, abordagens complementares e transdisciplinares[...]”. Ainda, “[...] a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento [...]” (BRASIL, 2018, p. 15) é proposta pela Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, para a promoção da educação integral, ou seja, a construção de ações educativas que propiciem aprendizagens consonantes à realidade e ao projeto de vida do estudante, organizando os conhecimentos em áreas. Apesar de ainda ser um desafio, a interdisciplinaridade pode ser beneficiada quando os educadores de uma área de estudo, porém com componentes curriculares diferentes, concebem objetos de estudo relacionados

ao contexto do educando, aos fenômenos naturais e artificiais, além das aplicações tecnológicas.

Um método viável para a abordagem de componentes curriculares da área de Ciências da Natureza conectados à realidade do estudante é a aula experimental. Mais do que promover a interdisciplinaridade, tal método pode fazer parte de uma estratégia para o acolhimento das juventudes pela escola, ação que, segundo a BNCC, passa pela explicitação do compromisso da instituição “[...] com os fundamentos científico-tecnológicos da produção dos saberes [...]” (BRASIL, 2018, p. 466). Isto inclui a promoção da compreensão da lógica, linguagem e procedimentos científicos (BRASIL, 2018), todos passíveis de desenvolvimento em uma atividade experimental.

Ainda, especificamente no ensino de componentes da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, faz parte das competências específicas

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BRASIL, 2018, p. 539)

Entre as habilidades, destacam-se

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (BRASIL, 2018, p. 545).

Ou seja, encontra-se, na Base Nacional Comum Curricular, a essencialidade da construção de competências e habilidades desenvolvidas pela promoção efetiva de atividades experimentais. De fato, ao longo dos anos, muitas pesquisas sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências foram desenvolvidas. É consenso entre elas que a atividade experimental é um importante recurso para o ensino dessa área do conhecimento, principalmente se planejadas e executadas adequadamente (COELHO e MALHEIRO, 2019; HALFEN et al., 2010; RECEPUTI et al., 2020). Apesar disso, ainda são apontadas críticas quanto às formas e concepções com as quais essas atividades são executadas. Apesar da reconhecida importância e do esforço empreendido por pesquisadores em propor caminhos viáveis e com o estudante como o centro do processo, a literatura sugere que as atividades experimentais, quando ocorrem, são em grande parte demonstrativas, valorizando a indução e a comprovação de teorias (PRSYBYCIEM, SILVEIRA; SAUER, 2018) mesmo aquelas apresentadas nos livros didáticos (LEITE, 2018). Cavalcanti e Queiroz (2017) trazem ainda a reflexão do quanto muitas vezes essas atividades são descontextualizadas. HALFEN et al (2020) sinalizam a falta de relação entre o conteúdo teórico e as atividades experimentais e ainda sinalizam para problemas como a falta de recursos enfrentados pelas escolas para adquirir reagentes e equipamentos, turmas muito cheias assim como os cuidados exigidos para a disposição de resíduos.

Oliveira (2010) destaca três principais possibilidades para uma aula experimental: 1) Atividades de demonstração, em que o professor executa o experimento e fornece as explicações, enquanto o aluno observa e, ocasionalmente, pode também fornecer explicações. Nesse tipo de abordagem, o experimento é a parte central da aula e pode ser precedido por uma aula expositiva; 2) Atividades de verificação, em que o professor supervisiona o

experimento, enquanto ele é realizado pelo aluno. Assim, cabe ao professor averiguar e corrigir equívocos. Nesse tipo de abordagem, o experimento é realizado após a apresentação de conteúdo em uma aula expositiva e, finalmente, 3) Atividades de investigação, em que a função do professor é orientar, incentivar e questionar as decisões e atitudes dos alunos. A pesquisa, o planejamento, execução e discussão de explicações devem ser feitos por parte dos alunos. Então, nessa abordagem, há possibilidades de uma prévia exploração do conteúdo e de o experimento ser a própria aula.

Oliveira (2010) esclarece que todas as abordagens têm suas vantagens e desvantagens, sendo decisão do professor escolher aquela que se adequa aos seus objetivos, que podem ser bastante variados. Um dos mais interessantes seria fazer com que o educando compreendesse as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, o que seria alcançado contextualizando a atividade experimental, apontada como uma ação importante no processo de desenvolvimento intelectual do aluno (FERREIRA, HARTWIG, OLIVEIRA, 2010). Então, através de um experimento, torna-se possível trazer para a sala de aula discussões sobre a produção de conhecimento científico e questões presentes no cotidiano, como a tecnologia e as implicações sociais e ambientais das Ciências (OLIVEIRA, 2010).

A compreensão dessas relações é de fundamental importância para que os alunos percebam a ciência como algo mais próximo de sua realidade, contribuindo para despertar seu interesse em temas relacionados à ciência e para a formação de uma visão menos ingênua e distorcida de como a ciência é construída, além de conscientizá-los sobre seu papel na sociedade ou ainda estimulá-los a adotar atitudes críticas diante dos problemas sociais e ambientais da atualidade. (OLIVEIRA, 2010, p.146)

Uma das referências mais citadas na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), destaca que a área “ressaltar a importância social da ciência e da tecnologia, de forma a enfatizar a necessidade de avaliações críticas e análises reflexivas sobre a relação científico-tecnológica e a sociedade.” (PINHEIRO; SILVEIRA e BAZZO, 2007, p. 74). PRSYBYCIEM, SILVEIRA e SAUER (2018) discutem que práticas de ensino que promovam a relação de conteúdos curriculares com temas sociocientíficos minimizam o risco de um ensino desfragmentado e possibilitam discussões sobre as implicações do desenvolvimento decorrentes da Ciência e Tecnologia. Além disso, podem contribuir para a resolução de problemas de ordem pessoal e social, ao promoverem a alfabetização científica (MARCONDES et al, 2008). Posteriormente a abordagem passou a incluir as consequências das interações CTS com o meio ambiente e passou a ser chamada Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (REBELLO et al, 2012).

Dessa forma, a atividade experimental, além de aproximar conteúdos da área de estudo Ciências da Natureza à realidade, pode ir além ao levar o educando a refletir e posicionar-se frente a questões ambientais de forma consciente e crítica. Portanto, a atividade experimental tem potencial para auxiliar no cumprimento da Resolução Nº 2, de 15 de junho de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece o que vem sendo inserido desde a Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), que é a inserção da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino. Essa resolução estabelece, especificamente, “[...] as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental a serem observadas pelos sistemas de ensino e suas instituições de Educação Básica e de Educação Superior[...]” (BRASIL, 2012, p. 2).

Considerando essas informações, esse trabalho buscou utilizar normas técnicas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outros documentos relacionados à regulamentação de produtos para a elaboração de experimentos de baixo custo. A escolha desse curso de ação possui dois atrativos: o primeiro seria a oportunidade de apresentar aos educandos o ramo da pesquisa que investiga a qualidade de materiais,

mostrando um aspecto da área científica pouco investigado tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior. O segundo atrativo está ligado à Educação Ambiental; com os experimentos resultantes, estabelece-se a oportunidade de conscientizar os educandos sobre a importância do consumo consciente. Essa ideia parte do princípio de que um produto de qualidade não exige uma substituição desenfreada, que resultaria em um aumento do consumo e da quantidade de resíduos a serem descartados no Meio Ambiente. Em um trabalho anterior, Santos e Nunes (2015) já haviam demonstrado o potencial de adaptar testes de qualidade de sacolas plásticas para o Ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Assim, procurou-se adaptar normas técnicas de produtos do cotidiano dos alunos, para que os experimentos resultantes fossem acessíveis e as relações explicitadas anteriormente fossem perceptíveis aos estudantes. Mantendo-se esses fatores em mente, adaptaram-se as normas técnicas ABNT NBR 13725 – Fósforos de segurança – Métodos de ensaio e NBR 15395 - Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas — Requisitos e métodos de ensaio.

Essas adaptações tiveram como resultado experimentos que abarcam explicitamente os componentes curriculares referentes às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, permitindo tanto a abordagem exclusiva de uma dessas áreas, quanto o seu trabalho simultâneo, sendo a última opção preferível por possibilitar a promoção da interdisciplinaridade, questão avultada anteriormente.

Os procedimentos experimentais desenvolvidos a partir dessas normas, bem como possíveis aplicações em sala e um breve relato de aplicação, serão descritos na sequência.

MATERIAIS E MÉTODOS

Seleção dos testes

Foram escolhidas as normas técnicas ABNT NBR 13725 – Fósforos de segurança – Métodos de ensaio e NBR 15395 - Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas — Requisitos e métodos de ensaio. A decisão pela utilização dessas normas foi estimulada pela facilidade de acesso aos corpos de teste, o que não só possibilita que os experimentos sejam de baixo custo, como também permite que os alunos percebam mais facilmente a ligação entre o seu cotidiano e as Ciências. Além disso, fornece uma ampla gama de assuntos que estimularão a interdisciplinaridade e reflexões essenciais para a formação de um cidadão, que deve ser capaz de reconhecer as implicações da qualidade de um produto sobre a sociedade, sua segurança e bem-estar.

A próxima etapa foi selecionar os ensaios passíveis de adaptação, cujos experimentos resultantes gerariam propostas estimulantes para o ensino de conteúdos relacionados tanto ao Ensino Fundamental quanto ao Ensino Médio.

Na norma técnica ABNT NBR 13725 – Fósforos de segurança – Métodos de ensaio, são descritos os seguintes métodos de ensaio: Acendimento; Estabilidade térmica; Superfície de acendimento; Impacto. Foram selecionados os ensaios Superfície de acendimento e Impacto, sendo utilizada como complemento a Portaria nº 624 de 22 de novembro de 2012 (INMETRO, 2012).

Já a norma técnica NBR 15395 - Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas — Requisitos e métodos de ensaio possuem oito ensaios: Teor de acetaldeído; Aspecto visual; Volume total; Peso; Resistência ao impacto na queda livre; Resistência à alcalinidade (*stress cracking*); Resistência à pressão interna (*bursttest*) e Estabilidade térmica. Para esse produto, foram adaptados os ensaios de Resistência ao impacto e Resistência à alcalinidade.

Como dito, esse trabalho descreve os procedimentos experimentais adaptados, os resultados obtidos através de sua realização prévia e sugestões para a aplicação em sala de

aula. É importante frisar que as sugestões propostas foram pensadas sem levar em consideração a realidade de uma instituição específica. Então, mesmo que as adaptações feitas tenham visado a máxima facilidade e acessibilidade, é possível que não sejam adequadas para qualquer escola ou que tenham simplificado os procedimentos desnecessariamente. Assim, a partir da reflexão das condições apresentadas no âmbito escolar em que se pretende aplicar essas atividades experimentais, podem-se realizar novas adaptações.

Da mesma forma, os objetivos a serem alcançados com os experimentos podem mudar de acordo com os docentes que os aplicarão. Por isso, conteúdos e tipos de abordagem além dos sugeridos podem ser desenvolvidos de acordo com esses objetivos, que devem levar em consideração, principalmente, os discentes que se engajarão nessas atividades. Assim, é essencial destacar que não se podem limitar essas atividades experimentais às ideias expostas a seguir, sendo mais proveitoso pensar sempre em novas relações e abordagens.

Os experimentos descritos a seguir foram aplicados com uma turma do 3º ano do curso técnico integrado em Hospedagem. Para tal, foram utilizadas quatro aulas de 50 minutos consecutivas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adaptação dos testes para aplicação em sala de aula

ABNT NBR 13725 – Fósforos de segurança – Métodos de ensaio

Embora a norma técnica NBR 13725 descreva todos os ensaios desenvolvidos para garantir a qualidade e segurança dos palitos de fósforos consumidos pela sociedade brasileira, há um documento a ela associado, cuja própria norma traz como essencial aos testes. Por isso, antes de realizar os procedimentos experimentais é fundamental observar os requisitos mínimos de segurança da Portaria Inmetro nº 624, de 22 de novembro de 2012. Entre as características dessa portaria, devem ser observados, por exemplo, que os fósforos devem possuir no mínimo trinta e cinco milímetros de comprimento; os fósforos devem acender sem que ocorra quebra do palito antes ou após acendimento; durante o acendimento não pode haver separação ou fragmentação da cabeça ou desprendimento de fagulhas; a chama deve ser mantida por pelo menos seis segundos ou queimar até a metade do comprimento do palito, sem que haja gotejamento; após a extinção da chama não pode ser observada incandescência no palito por mais do que quatro segundos, entre outras.

Além disso, é importante salientar que, uma vez que se buscava apenas garantir a adaptabilidade dos ensaios e não a qualidade dos produtos comercializados, apenas uma caixa de fósforos foi submetida aos testes descritos nesse trabalho.

Para testar a adequação da superfície de atendimento do produto, esse ensaio explora dois critérios, a remoção por via úmida e o acendimento. Os procedimentos de avaliação desses dois critérios são explicados a seguir. Para o teste por via úmida, são necessários um pano seco ou papel macio; água; caixa de fósforos e haste de algodão flexível.

A norma técnica determina que, nesse ensaio, é preciso “aplicar uma gota d’água sobre a superfície de acendimento por 20s” (ABNT, 2014, p. 4). Posteriormente, deve-se “secar cuidadosamente a superfície com um pano seco e registrar se ocorre remoção de material suficiente para expor a superfície subjacente” (ABNT, 2014, p. 4).

Como mencionado, submeteram-se a esse ensaio aqueles fósforos que atenderam às determinações descritas na Resolução nº 624, de 22 de novembro de 2012. Seguindo as orientações da norma técnica, aplicou-se uma gota d’água sobre a superfície de acendimento contida na caixa por 20 s, tendo essa gota sido aplicada com o auxílio de uma haste flexível.

Depois, secou-se a superfície com um papel macio, observando-se a possível remoção de material.

A norma especifica que a caixa de fósforos a ser testada deve estar completa, portanto antes de realizar os procedimentos relacionados à averiguação da qualidade da superfície de acendimento, empreendeu-se o teste de impacto. Dessa forma, com o auxílio de uma trena, mediram-se os 100 cm necessários, marcando-se, com uma fita adesiva, essa altura na parede do ambiente em que a superfície de concreto estava disponível. Em seguida, a caixa de fósforos testada foi solta dessa altura pelas duas vezes exigidas.

Com as duas quedas, não foi registrado qualquer acendimento espontâneo dos fósforos de segurança. Também não se observou a abertura ou danificação da caixa em que eles estavam acondicionados.

Após a secagem da superfície, não se observou qualquer remoção de material, estando o papel completamente limpo. Além disso, a área umedecida não foi prejudicada, podendo ser usada posteriormente para o acendimento de palitos de fósforos.

Para o teste de impacto, são necessários: caixa de fósforos; fita adesiva e trena. O teste deve ser feito em uma superfície de concreto. De acordo com a norma técnica, deve-se "soltar a caixa de fósforos, com todo o seu conteúdo, de uma altura de 100 cm \pm 5 cm, sobre uma superfície lisa de concreto" (ABNT, 2014, p. 4). Essa promoção da queda livre da caixa de fósforos testada deve ser realizada duas vezes.

Outro aspecto interessante nesses experimentos e que facilitam sua utilização em sala de aula é que os resíduos gerados não são tóxicos ao meio ambiente, sendo assim podem facilmente ser descartados em lixo comum ou separados para reciclagem, quando disponível.

O fósforo de segurança é um produto largamente consumido na sociedade que vinha causando riscos aos consumidores, o que fez com que passasse a ser exigida a sua certificação compulsória. Isso significa que a avaliação e atestação de sua conformidade são obrigatórias para que a comercialização seja aprovada.

Portanto, levar fósforos de segurança como objeto de discussão para a sala de aula é uma prática rica. Além de gerar reflexões sobre a influência da qualidade de um produto sobre a segurança dos consumidores, poderão ser geradas reflexões sobre o impacto ambiental do seu uso, devido às suas matérias-primas e impossibilidade de reaproveitamento, além de sua possível obsolescência, uma vez que muitos alunos não devem ter tido a necessidade ou mesmo oportunidade de acender um palito de fósforo durante toda a sua vida.

Essa última questão também poderá ser utilizada como um gancho para a realização de uma interessante e inusitada contextualização histórica, uma vez que o registro do primeiro isolamento do elemento fósforo, feito por Henning Brand, envolvia o uso da urina. (STRATHERN, 2002)

O isolamento ocorrido no século XVII, especificamente no ano de 1669, foi a primeira descoberta de um novo elemento desde a Idade Média, sendo também a primeira vez que se encontrou um elemento que não existia previamente em seu estado isolado. O desenvolvimento do procedimento experimental de seu isolamento foi baseado nas crenças de Brand na Alquimia e na doutrina paracelsiana (STRATHERN, 2002).

Tal procedimento envolveu a coleta de 50 galões de urina, material este que Brand deixou secar e putrefazer, o que foi seguido pela fervura e mistura da areia. Ao final, ele obteve uma substância pegajosa e transparente que brilhava no escuro, e por vezes se inflamava até espontaneamente, desprendendo densos vapores brancos. Devido a essas características, deu à substância o nome de fósforo, o grego *phos* (luz) e *phoros* (o que dá) (STRATHERN, 2002). Portanto, ao evaporar a urina, Brand obteve o hidrogeno fosfato sódico

amoniaco, o qual produz fosfito de sódio quando aquecido. Quando o fosfito é aquecido com carvão, decompõe-se produzindo fósforo branco e pirofosfato de sódio.

O segredo da produção desse elemento foi mantido por um longo tempo, até que Brand o vendeu ao Dr. Johann Krafft, de Dresden, que o convenceu com o pagamento de 200 táleres (uma moeda de prata usada na Europa por quase quatrocentos anos). Através das demonstrações do fósforo feitas por Krafft pela Europa, Robert Boyle foi capaz de desvendar o segredo, que depositou em um envelope lacrado e entregou à guarda da Royal Society (STRATHERN, 2002). Ainda se passariam décadas até que o segredo fosse comprado pela Academia de Ciências de Paris em 1737, que imediatamente o tornou disponível para todos os cientistas (STRATHERN, 2002).

Além dessa história curiosa que estimularia o interesse dos alunos, a descoberta do fósforo oportuniza também discussões relacionadas à investigação científica e à divulgação desse conhecimento. Também a partir dessa contextualização, poderá ser abordada a própria origem dos fósforos de segurança em 1844, quando o sueco Gustaf Erik Pasch patenteou o método em que o fósforo vermelho era colocado apenas na superfície localizada no exterior da caixa que condicionaria os palitos, diminuindo os riscos da ignição espontânea deles (ANDRÉ, 2014, p. 57).

Também seria interessante abordar o funcionamento dos fósforos de segurança. Os seus palitos, de madeira ou cartão, são tratados com uma solução de fosfato de amônio ou bórax e parafina e a ponta é coberta por uma pasta constituída, geralmente, por clorato de potássio, enxofre elementar, dicromato de potássio, vidro moído, gelatina e óxido de zinco.

O clorato de potássio fornece o oxigênio necessário para a ignição e combustão; o enxofre é o principal material combustível; o dicromato de potássio atua como agente oxidante; o óxido de zinco ajuda a controlar a velocidade de propagação da chama e a gelatina é o agente ligante da mistura. O vidro moído atua como ligante dos componentes fundidos. O fosfato de amônio ou o bórax destinam-se a extinguir a incandescência do palito assim que o fósforo se apaga.

Quanto ao fósforo propriamente dito, seu alótropo vermelho se encontra na superfície externa da caixa, junto a mais vidro moído, além de corantes e cola. Ao riscar o palito nessa superfície de acendimento, o calor converte o fósforo em seu alótropo branco, que entra em ignição e incendeia a cabeça do palito.

Todas essas informações podem ser trabalhadas usando recursos diversos, como materiais impressos, que podem estimular a leitura dos alunos, além de vídeos. Algumas opções para o cumprimento da última sugestão são os vídeos *De onde vem o fósforo?*¹, desenho pertencente a uma série produzida pela TV Escola e veiculada pelo canal aberto TV Futura, sendo mais apropriado para jovens discentes, e *How do matches work?*², desenvolvido pela American Chemical Society (ACS), cujo conteúdo é mais objetivo e complexo, sendo adequado a alunos mais maduros.

Permeando essas questões, que podem ser levantadas na realização de todos os experimentos descritos acima, poderão ser abordados os conteúdos referentes à Química, Física, Biologia, Matemática e Educação Ambiental, configurando a contextualização de conteúdos variados.

A etapa da Educação Básica e o ano em que esses conteúdos serão abordados dependerão do currículo em vigor na instituição de interesse, sendo possível trabalhar esses experimentos em turmas de diversas idades. Porém, indica-se que aqueles que envolvem o

¹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=S01TrpEO148>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

² Disponível em: <<http://gizmodo.uol.com.br/quimica-palito-de-fosforo/>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

acendimento do palito de fósforo sejam aplicados em turmas cujos discentes demonstrem maior maturidade, pois o fogo constitui um perigo real.

Independentemente do ano de ensino, a partir da introdução das informações trazidas sobre a história e o funcionamento dos fósforos de segurança, pode-se, tranquilamente, trabalhar conteúdos simples relacionados a definições de conceitos ligados à linguagem característica da Química. Também podem ser trabalhadas as reações químicas, as condições para que aconteçam e suas classificações, além da toxicidade dos elementos e compostos mencionados, o que também envolveria a Biologia ao destacar seus impactos sobre a saúde e o meio ambiente. Ademais, habilidades matemáticas básicas relacionadas a suas operações elementares (como soma e multiplicação) e à medição de grandezas como comprimento e tempo, bem como a leitura e a interpretação de rótulos poderão ser exercitadas e desenvolvidas. Outros assuntos dependerão do ano de ensino, como a abordagem de compostos inorgânicos e sua nomenclatura.

Restringindo-se às sugestões mais específicas, para a análise do acendimento do palito de fósforo a partir das orientações trazidas pela Portaria Inmetro nº 624 e no teste de acendimento ligado à superfície de acendimento, ambos incluindo a queima do palito de fósforo, a abordagem de reações de oxirredução ocorridas ao longo desse processo é uma opção interessante. Pode-se, inclusive, abranger um caso específico de uma reação de oxirredução, a combustão, sendo possível falar tanto sobre Química Inorgânica quanto Orgânica, frisando que o acendimento do palito de fósforo inicia uma reação irreversível. Ao cronometrar o tempo em que o palito permanece queimando e registrar a extensão percorrida pela chama, pode-se também abordar o conceito de velocidade.

As informações trazidas anteriormente podem ainda criar oportunidades para a introdução ou revisão do assunto de interações intermoleculares, pelas interações ocorridas entre a água e os elementos contidos na superfície de acendimento, promovidas no procedimento de remoção por via úmida. Ainda relacionado ao ensaio em que se testa a qualidade da superfície de acendimento, o procedimento de acendimento também oportuniza a abordagem dos conceitos de porcentagem e área.

Quanto ao ensaio de impacto da caixa de fósforos com a superfície de concreto após ser solta de determinada altura, além de tratar transformações de energia (energia potencial em energia cinética, sonora, calor, entre outros), pode-se discutir a atuação das forças sobre corpos em queda livre.

Apesar de haver divisão entre disciplinas, todos esses conteúdos podem ser levantados simultaneamente. Como já dito, os objetivos a serem alcançados através da aplicação desses experimentos definirão como será a sua abordagem e a sequência didática em que estarão inseridos.

ABNT NBR 15395 – Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas – Requisitos e métodos de ensaio

Diferentemente do fósforo de segurança, a garrafa soprada de poli(tereftalato de etileno) (PET), não figura entre os produtos de certificação compulsória. Contudo, deve-se considerar que a sua qualidade garante que o que está acondicionado nela possa ser completamente consumido e que, pós-consumo, a garrafa e seus acessórios possam ser 100% reciclados. Então, assim como no caso da norma e regulamento referentes ao fósforo de segurança, a adaptação dos ensaios descritos na norma técnica possibilita a elaboração de experimentos que contextualizam o ensino de componentes curriculares da área de estudo Ciências da Natureza, promovendo a interdisciplinaridade entre seus componentes curriculares e a Educação Ambiental. Os resultados dos testes feitos para análise do quão ajustáveis os

ensaios da norma eram para serem aplicáveis para fins educacionais, bem como sugestões de aplicação em sala de aula são descritos a seguir

É importante salientar que, como dito anteriormente, um experimento é elaborado de acordo com os objetivos do professor. Assim, as informações que serão fornecidas previamente, bem como os problemas propostos, podem variar de acordo com esses objetivos. Ainda, é fundamental levar em consideração a turma com a qual se está trabalhando e suas experiências prévias, para que a definição dos aspectos do experimento não seja precipitada, já que uma turma pode se adaptar melhor a um determinado tipo de abordagem, em que uma aula expositiva introdutória, como sugerida aqui, será ou não mandatória.

O primeiro ensaio adaptado foi Resistência ao impacto na queda livre, cujo objetivo é simular possíveis impactos ocorridos durante o transporte ou pelas mãos do consumidor. Como garrafas contendo ambos os tipos de bebida devem ser sujeitas à resistência à queda livre, foram selecionadas cinco garrafas contendo água não carbonatada e três garrafas contendo água carbonatada (gaseificada), totalizando oito garrafas de marcas diversas. A escolha foi baseada em sua popularidade no mercado. Também foram necessários uma escada, uma fita métrica e um lápis para marcar uma parede próxima ao local dos testes.

De acordo com a norma técnica, as garrafas que condicionam bebidas não carbonatadas devem ser “[...] submetidas a uma queda livre de 2,0 m de altura e inclinação de 90°, com impacto no fundo. Cada garrafa deve ser submetida a uma única queda.” (ABNT, 2006, p.7). Aquelas que contêm bebidas carbonatadas devem ser submetidas ao mesmo procedimento, mas com diferentes temperaturas: temperatura ambiente, $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, como a de bebidas não carbonatadas, e temperatura de geladeira, $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Portanto, as cinco garrafas contendo água natural foram soltas a 2,0 m do chão depois de serem mantidas à temperatura ambiente. Essa temperatura pode ter variado mais ou menos que 1°C dos 23°C especificados. O mesmo ocorreu com aquelas contendo água gaseificada: foram submetidas à queda de 2,0 m a temperaturas distintas, mas sem o rigor dos 23°C e dos 4°C .

Todas as garrafas submetidas a esse ensaio não tiveram sua estrutura rompida, apesar de uma delas ter seu fundo levemente amassado, comprovando estarem de acordo com as normas técnicas estabelecidas pela ABNT.

Uma vez que o experimento não pode ser desassociado da teoria (ARRUDA; LABURÚ, 1998, p. 53), pode-se realizar uma aula introdutória sobre polímeros, com enfoque nos plásticos, classificação em que o PET se encaixa. “É razoável admitir que, a despeito de tantas falhas, a aula expositiva nunca tenha sido relegada na prática pedagógica em nossas escolas, e ela pode ser ainda empregada, com a introdução de recursos que a dinamizem.” (LOPES, 1991 apud MARIA et al, 2003, p. 32). Assim, com intenção de inserir maior dinamismo, pode-se articular uma reflexão sobre a história da utilização desses materiais, como a sociedade os usa e o quanto ela os consome atualmente, além de demonstrar, através de recursos audiovisuais, a produção de garrafas PET e até mesmo os aspectos sociais a ela relacionados, estimulando a conscientização social.

Como esse experimento busca testar o efeito de um impacto nos polímeros, especialmente no PET, poderia haver maior dedicação à propriedade de resistência mecânica dos polímeros, diferenciando-os polímeros entre lineares e tridimensionais, o que também permitiria a discussão sobre forças intermoleculares, hidrocarbonetos e reações de polimerização.

Embora possam ser abordados apenas aspectos químicos desse experimento, visando à interdisciplinaridade, questões relacionadas à Física também podem ser propostas, como a aceleração em queda livre. Outro exemplo seria as Leis de Newton, focalizando na força

gravitacional, na força normal e na diferenciação entre peso e massa, o que exigiria a adição de uma balança aos materiais necessários. Além disso, questões relacionadas à energia, como a Lei de Conservação da Energia e energias cinética e potencial também podem ser tratadas.

Em relação à logística do experimento, para a seleção das garrafas de água, uma sugestão é pedir que os alunos se dividam em grupos e escolham marcas que consumam frequentemente, para que haja tempo hábil e material suficiente para a realização do experimento. Ainda, a divisão em grupos estimularia a socialização e a discussão, que desenvolveria a lógica e faria surgir a necessidade de se expressar coerentemente (OLIVEIRA, 2010, p.142).

Ainda sobre os materiais para a realização do experimento, a relação apresentada evidencia a simplicidade da atividade, uma vez que os recursos descritos são facilmente obtidos, gerando custos mínimos, sendo que a maioria dos objetos pode já fazer parte das posses da escola em que se está dando aula ou do próprio professor. Além disso, como destacado nos testes dos fósforos de segurança, o descarte dos resíduos também não necessita de condições especiais, com exceção da solução de hidróxido de sódio descrita posteriormente

Além disso, outras soluções para a mudança de alguns dos materiais citados podem ser encontradas. Por exemplo, caso se pense que marcar a parede seja um dano ou um estímulo a atitudes controversas, pode-se optar pela aplicação de um adesivo à parede para marcar a altura ou a substituição por um material que possa ter 2,0 metros, como um cano de PVC ou uma faixa de tecido, que possa ser segurado para marcar a altura da qual a garrafa deve ser solta. Além disso, a escada pode ser substituída por qualquer outro objeto em que seja possível subir com segurança para alcançar a altura de 2,0 metros. Assim, esse ensaio demonstra alta adaptabilidade.

Antes de o professor oferecer todas essas soluções, seria mais interessante propor aos alunos que refletissem sobre a metodologia do experimento e utilizassem a criatividade para encontrar materiais disponíveis e passíveis de adaptação para substituir o que for necessário.

Partindo agora para o teste de resistência à alcalinidade, foi especificado pela ABNT que apenas garrafas contendo bebidas carbonatadas devem ser submetidas a esse ensaio. Assim, três garrafas contendo água carbonatada (gaseificada) de diferentes marcas foram sujeitas a ele.

Para esse ensaio, são necessários: balança de cozinha (ou de laboratório caso a escola possua); uma colher; um recipiente pequeno de plástico; um balde; três garrafas de água gaseificada; 1 g de hidróxido de sódio e 1 litro de água.

"As garrafas envasadas no volume nominal com água carbonatada com CO₂, [...], devem ter o fundo em contato com uma solução de NaOH (hidróxido de sódio) a 0,1% em peso, de forma que o ponto de injeção esteja imerso nesta solução. Acompanhar visualmente o ensaio por um período de 10 min. O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente." (ABNT, 2006, p. 7)

Portanto, pesou-se com o auxílio de um recipiente de plástico e uma colher, 1 g do hidróxido de sódio, obtido em uma loja especializada em produtos de limpeza. Posteriormente, essa quantidade de NaOH foi colocada em um balde e solubilizada em 1 litro de água.

As quantidades foram definidas em função do equipamento disponível. Como a balança analítica não é um equipamento acessível, foi utilizada uma balança de cozinha, que pode mensurar, no mínimo, 1 g. Como a solução de NaOH deve ter concentração 0,1% em massa, foi utilizado 1 litro de água para solubilizar 1 g de hidróxido de sódio. Ao final dos testes, recomenda-se neutralizar a solução para ajustar seu pH entre 5 e 8 antes do descarte final. Para isso, pode ser utilizado vinagre que é facilmente encontrado.

Depois de obtida a solução, as garrafas PET contendo água carbonatada tiveram seus fundos mergulhados na solução, uma por vez, onde permaneceram por 10 minutos.

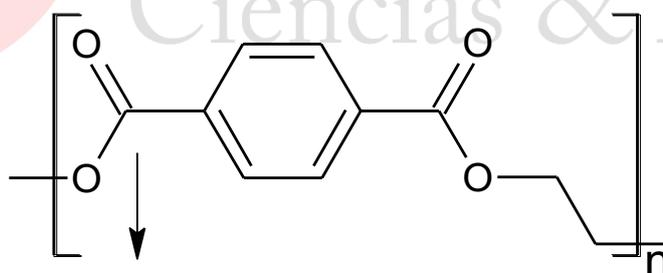
Com esse ensaio, espera-se testar a resistência da garrafa em relação ao *stress cracking*. O *stress cracking* é um fenômeno que ocorre em decorrência da "ação simultânea de um agente químico (líquido ou vapor) e tensão mecânica (externa ou interna), levando ao fissuramento no material" (TEÓFILO et al, 2009).

De acordo com Teófilo et al (2009), o mecanismo do *stress cracking* consiste, supostamente, na penetração do agente químico em algum defeito microscópico, o que tem como consequência a plastificação local do polímero e a posterior formação de microfibrilamento. Este último, por sua vez, leva ao desenvolvimento de trincas, que induzem o rompimento da estrutura do polímero.

No caso do PET, a partir dos resultados obtidos pelos autores, um dos agentes mais agressores trata-se do hidróxido de sódio, um composto presente em produtos de limpeza. Assim, o ensaio busca expor as garrafas ao contato com uma solução similar a produtos de limpeza, que podem entrar em contato com elas ao longo do seu transporte, nos locais de venda ou depois de ser comprada pelo consumidor.

As três garrafas PET contendo água gaseificada não apresentaram fissuras consistentes com o fenômeno do *stress cracking* ou qualquer outro dano depois de seus pontos de injeção permanecerem submersos na solução de NaOH por 10 minutos, demonstrando conformidade com a norma estabelecida pela ABNT.

Ao partir para a execução em sala de aula, supõe-se que os experimentos serão trabalhados em conjunto, os polímeros e suas propriedades já terão sido abordados em algum momento. No entanto, sugere-se enfatizar a estrutura molecular do poli(tereftalado de etileno) com a apresentação de seu monômero, como representado na Figura 1, visto que o íon hidróxido (OH^-) reage com um uma parte específica da molécula, o carboxilato, causando a plastificação ocorrida no *stress cracking*.



grupo que reagem com o íon hidróxido

Figura 1: Indicação da parte do monômero do PET que reage com o íon hidróxido.

Fonte: elaborado pelas autoras.

Durante esse experimento, precisou-se preparar uma solução de NaOH. A partir dessa preparação, pode-se versar sobre o que seria uma solução, sua concentração e possíveis unidades para representá-la, além da diferença entre dissociação e ionização. Sabendo que a soda cáustica sofre uma dissociação, que forma os íons Na^+ e OH^- , pode-se tratar da sua classificação como uma reação endotérmica ou exotérmica. Além disso, reações entre NaOH e outros materiais, como o vidro, também podem ser abordadas.

Outra questão de extrema relevância é o perigo ligado à preparação dessa solução. O primeiro fator de periculosidade é a toxicidade do hidróxido de sódio. A soda cáustica pode causar graves queimaduras ao entrar em contato com a pele ou ao ser ingerido, sendo também possível causar danos ao ser inalado. Assim, antes de preparar a solução, é imprescindível que

haja uma discussão sobre a toxicologia desse reagente, fazendo, inclusive, uma leitura do rótulo do produto adquirido, pois nele há a descrição de seus perigos, as precauções a serem tomadas e atitudes em face de acidentes.

O segundo fator está relacionado a essa reação ser exotérmica. Por isso, é preciso esclarecer a forma mais segura de se preparar uma solução dessa natureza, que é a adição de pequenas quantidades do soluto (NaOH) ao solvente (água), para que não ocorra uma liberação abrupta de calor, evitando acidentes.

Deste modo, conclui-se que esse experimento exige maiores cuidados por parte do professor. Precisar-se-á ser decidido se há possibilidade de os alunos prepararem a solução ou se ela deverá ser produzida apenas pelo professor. Caso seja escolhido que os alunos a produzam, será preciso providenciar equipamentos de proteção individual, a fim de evitar qualquer fatalidade, além de ser indispensável a supervisão constante enquanto a solução estiver acessível.

Apesar desses perigos, ou até mesmo devido a eles, o procedimento oferece uma experiência mais próxima à vivência de um laboratório de química, um ponto extremamente interessante, dado que a maioria das escolas não possui um laboratório. Assim, esse poderia ser o momento mais próximo entre o aluno e um laboratório de química.

Deve-se trabalhar, desde o início, a ideia de que as normas técnicas são importantes porque evitam o desperdício ao garantir que a garrafa suporte condições adversas e, por isso, o produto nela contido seja completamente consumido. Entretanto, é possível estabelecer uma conexão um tanto quanto óbvia entre a questão ambiental e o ensino de Ciências ao discutir, entre outros aspectos, diretrizes para o design de uma garrafa PET que possa ser facilmente reciclável.

Essas diretrizes estão relacionadas a(os): 1) Corpos das garrafas, que devem ser feitos apenas com poli(tereftalato de etileno) e aditivos, recomendando-se ser incolor. Possíveis alças ou pegadores também devem ser feitos de PET e fixados de modo a serem destacados com facilidade, sem cola. Além disso, deve-se privilegiar o desenho que possibilite que a garrafa seja amassada; 2) Tampas, que devem ser produzidas com materiais plásticos com densidade inferior a 1,0 g/cm³ e 3) Rótulos, que devem ser fisicamente removíveis, não deixando adesivos ou tintas sobre as garrafas, também produzidos com materiais plásticos com densidade inferior a 1,0 g/cm³.

Os experimentos ligados a essa etapa, bem como informações sobre os tipos de reciclagem existentes, estão reunidos na apostila Reutilização e Reciclagem de Plástico, elaborada pelo Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor³, cuja distribuição é gratuita e a reprodução é permitida. A descrição dos experimentos foi adaptada ao contexto do presente trabalho.

O primeiro selecionado foi o teste por corte. Para esse teste foram utilizadas as garrafas dos testes anteriores e uma tesoura. Corta-se uma pequena amostra da garrafa PET. Se não houver formação de pó e a superfície de corte for lisa e macia, o material é termoplástico, o que configura conformidade com a norma técnica, uma vez que o PET é um termoplástico. Para confirmar o resultado do teste, uma vareta de vidro pode ser aquecida e, com ela, faz-se pressão na amostra. Se a superfície do plástico se deformar e amolecer, trata-se de um termoplástico.

No entanto, se houver formação de pó, o material recolhido é um plástico termorrígido, o que indica indeterminação com a diretriz relacionada à constituição do corpo da garrafa. Não houve formação de pó no corte das garrafas PET, o que indica que o material não é

³ Disponível em <https://docplayer.com.br/12352855-Reutilizacao-e-reciclagem-de-plastico.html>. Acesso em 13 abr 2020.

termorrígido. No entanto, não foi feita a confirmação com a vareta de vidro aquecida, pois não se dispunha de tal instrumento.

O segundo teste foi de densidade. Foram utilizados os seguintes materiais: Vasilha; água suficiente para completar a vasilha escolhida até a metade e as garrafas PET utilizadas nos ensaios anteriores, incluindo tampa e rótulo.

O primeiro passo é cortar pedaços de garrafa PET e de seu rótulo, além de separar a tampa. Em seguida, misturam-se os pedaços de garrafa PET, de rótulo e a tampa e coloca-se em uma vasilha com água pela metade. Depois de agitar, deve-se deixar em repouso por, aproximadamente, 10 minutos e observar a separação dos materiais. Se as tampas e os rótulos decantarem, eles estarão em desacordo com a diretriz estabelecida para sua constituição, uma vez que materiais com densidade inferior a $1,0 \text{ g/cm}^3$ devem flutuar. Enquanto isso, caso os pedaços da garrafa afundem, ela provavelmente estará de acordo com as diretrizes, uma vez que a densidade da água é igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$ a 25°C e a do PET está entre $1,38 - 1,39 \text{ g/cm}^3$.

Foi observado que os pedaços da garrafa afundaram e as tampas e os pedaços de rótulos flutuaram, demonstrando conformidade com os parâmetros estabelecidos na norma.

Em sala de aula, sugere-se apresentar inicialmente a reciclagem química, em que o plástico é reprocessado para sua reutilização como produtos químicos ou matéria prima para novos plásticos; a reciclagem energética, em que se recupera a energia contida nos plásticos através de processos térmicos; e a reciclagem mecânica, em que o plástico é convertido fisicamente em grânulos, que serão usados para produzir outros produtos, como sacos de lixo, mangueiras, entre outros.

Apesar de ambos os tipos serem interessantes, a reciclagem mecânica poderia receber maior destaque, uma vez que os experimentos possíveis de serem realizados estão relacionados à primeira etapa desse tipo de reciclagem, a separação dos tipos de plásticos. Essa separação pode ser baseada na densidade dos polímeros, como está descrito no procedimento experimental do teste da densidade.

Posteriormente à questão da reciclagem e sua importância para a sociedade, e supondo que explicações sobre polímeros já foram feitas, pode-se reforçar o assunto relacionado aos tipos de polímeros com o teste do corte.

Já com o teste da densidade, podem-se exercitar ou introduzir (dependendo da turma em que se está lecionando) noções de densidade de diferentes materiais, focando na densidade de polímeros e fatores que a influencia, além de abordar separação por decantação e flotação. Uma informação interessante a ser fornecida aos alunos é uma tabela de densidade de alguns polímeros ou solicitar que eles busquem, reforçando a importância de saber encontrar e selecionar informações na sociedade atual.

Dependendo da abordagem seguida pelo professor, esse recurso pode ser obtido pelos educandos através de estímulos à pesquisa ao propor como problema a avaliação do *design* da garrafa em conformidade com a norma técnica, sem oferecer diretamente o teste da densidade, mas fornecendo informações suficientes para que os alunos cheguem a essa conclusão. Durante esse processo, podem surgir outras sugestões prováveis e cabe ao professor avaliá-las e, quem sabe, pô-las em prática.

Ao fim, sugere-se a solicitação de um relatório sobre a execução dos experimentos, para estimular o exercício da escrita, pelo qual se constrói a capacidade de argumentação (GALIAZZI et al., 2001) e maior pesquisa sobre os assuntos abordados. Essa solicitação também obrigaria os alunos a ficarem atentos aos fenômenos ocorridos durante os ensaios, o que aprimoraria sua capacidade de observação e concentração (OLIVEIRA, 2010).

Além disso, o resultado permitirá que o docente avalie a contribuição desses experimentos para a aprendizagem dos discentes. Porém, para pedir um relatório, é preciso apresentar esse gênero previamente, estabelecendo quais tópicos deverão estar presentes.

Aplicação em sala de aula

Apesar de a instituição dispor de laboratórios de química, física e biologia, as turmas de ensino médio raramente os frequentam. As causas não são diferentes daquelas apontadas na literatura, ou seja, as turmas são grandes para que as atividades possam ser desenvolvidas com segurança no laboratório e o conteúdo programático a ser trabalhado é extenso, o que acaba dificultando o professor dividir a turma em grupos menores e ocupar algumas semanas nesse processo.

Os testes foram realizados com uma turma de 3º ano do Ensino Médio e desde que a proposta foi apresentada para eles em sala, foi notória a empolgação em realizar os experimentos.

As atividades foram feitas na área externa da instituição com a participação direta dos alunos, algumas vezes auxiliando e em outras executando sozinhos e testando as próprias hipóteses que surgiam, como por exemplo, o teste de impacto em alturas maiores. As discussões propostas nesse artigo em cada teste foram realizadas com eles. Catelan e Rinaldi (2018) defendem que experimentos simples que possam ser realizados em casa ou no pátio da escola devem ser promovidos, pois levam a descobertas interessantes.

Nas aulas seguintes, muitos relataram ter reproduzido alguns testes em casa para averiguar a qualidade dos produtos que possuíam. Esse foi um fator muito interessante e que não havia sido previsto anteriormente, pois, dessa forma, os experimentos contribuíram ainda para tornar suas residências em espaços não-formais de aprendizagem de conhecimento científico (JACOBUCCI, 2008), pois muitas vezes envolveram e despertaram a curiosidade de outros membros da família.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades experimentais demonstram ser um recurso pedagógico extremamente rico, pois criam diversas oportunidades para a contextualização, a interdisciplinaridade e a promoção da transversalidade com temas ambientais. No entanto, são subaproveitadas, pois costumam ser desenvolvidas de forma a não estabelecer qualquer conexão com o cotidiano dos alunos. Esse problema pode ser resolvido com a utilização de normas técnicas de produtos consumidos pelos discentes e pela sociedade em geral. Ao transformar os ensaios em práticas experimentais acessíveis e facilmente aplicáveis em sala de aula, garantir-se-á essa ligação antes perdida.

A adaptação das normas técnicas ABNT NBR 13725 – Fósforos de segurança – Métodos de ensaio e ABNT NBR 15395 – Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas – Requisitos e métodos de ensaio, além da Portaria Inmetro nº 624, de 22 de novembro de 2012, demonstram que esses objetivos podem ser alcançados, sendo necessários apenas o interesse e a criatividade do professor para elaborar soluções e propostas que abarquem diversas disciplinas e assuntos que possam se mostrar curiosos e divertidos, estimulando a dedicação de todos os envolvidos.

Com os experimentos resultados das normas e documentos mencionados, demonstrou-se a alta adaptabilidade e diversidade de assuntos no que concerne ao tratamento da conformidade de produtos, seja esta compulsória ou voluntária, possibilitando a discussão sobre meio ambiente, sociedade e Ciências. Esse trabalho mostrou que, além de serem facilmente utilizados no espaço formal, muitos alunos reproduziram em casa, envolvendo seus

familiares, tornando a residência um espaço não-formal de aprendizagem de ciências e suas tecnologias.

Apesar de haver prevalência de determinados conteúdos na discussão sobre os fenômenos observados na execução dos ensaios, o que indica facilidade em desenvolvimento de atividades para séries específicas do Ensino Médio, com adequações em relação aos assuntos abordados, esses experimentos podem ser executados em outras etapas da Educação Básica, como nos Anos Finais do Ensino Fundamental e, até mesmo, aprofundando-se os conteúdos, no Ensino Superior. De forma mais significativa, ainda se observam possibilidades para a diversificação no que diz respeito ao tipo de abordagem selecionado para a realização da atividade prática, servindo especialmente aos propósitos de verificação e investigação.

Pela riqueza em literatura sobre o papel do experimento no ensino de Ciências e suas possíveis abordagens, foi possível estabelecer uma base teórica sólida no que concerne a prática teórica de forma geral. No entanto, há escassez de literatura ao considerar o desenvolvimento de novos experimentos baseados em normas técnicas, o que garante o destaque e inovação deste trabalho. Sendo assim, há ainda muito a ser explorado e desenvolvido no que diz respeito à adaptação de normas técnicas para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias através da experimentação.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao IFFluminense pela bolsa de Iniciação Científica concedida à Thabata de Souza Araujo de Oliveira.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, J. P. Faça-se fogo! - A invenção dos fósforos. **RepositóriUM**, Sociedade de Portuguesa de Química (SPQ), v. 132, p.55-58, mar. 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/50750>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, Roberto (Ed.). **Educação em Ciências: Da Pesquisa à Prática Docente**. São Paulo: Escrituras, 1998. Cap. 6, p. 53. (Educação para a Ciência).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13725**: Fósforos de segurança – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2014. 9 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15395**: Garrafa soprada de PET para refrigerantes e águas — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 10 p.

BORGES, A. M.; SALLES, M. T. Programa de análise de produtos do Inmetro: impacto na qualidade da indústria nacional. **Revista Produção Online**. [S.L.], v. 8, n. 2, p. 1-19, 16 jul. 2008. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/124/199>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 13 abr 2020.



BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012:** Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=10988-rcp002-12-pdf&category_slug=maio-2012-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 17 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6938.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em 13 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Base nacional comum curricular:** ensino médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CATELAN, S. S.; RINALDI, C. A atividade experimental no ensino de ciências naturais: contribuições e contrapontos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n.1, p. 306-320, 2018.

CAVALCANTI, K. M. P. H.; QUEIROZ, G. R. P. C. Visões de professores e alunos do ensino médio profissionalizante sobre a ciência e as atividades experimentais. **História da Ciência e Ensino**, v. 16, p. 3-17, 2017.

COELHO, E. F. C.; MALHEIRO, J. M. S. A experimentação pelo olhar de graduandos em química: relações com o contexto formativo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 313-331, ago 2020.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p.101-106, maio 2010. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc32_2/08-PE-5207.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.

GALIAZZI, M. C. ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.249-263, 2001. FapUNIFESP (SciELO).

HALFEN, R. A. P.; MERLO, A. A.; RAUPP, D. T.; NACHTIGALL, S. M. B. Experimentos químicos em sala de aula utilizando recursos multimídia: uma proposta de aulas demonstrativas para o ensino de Química Orgânica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, V. 19, N. 2, p. 270-294, 2020.

INMETRO. **Portaria Inmetro nº 624, de 22 de novembro de 2012.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001936.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

JACOBUCCI, D. F. C. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Revista em extensão**, v. 7, n. 1, 2008.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. **Educ. quím**, México, v. 29, n. 3, p. 61-78, 2018. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2018000300061&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 20 jan. 2021.

MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P.; SUART, R. C.; SILVA, E. L. SOUZA, F. L.; SANTOS JR, J. B.; AKAHOSHI, L. H. Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 281-298, 2009

MARIA, L. C. S. LEITE, M. C. A. M.; AGUIAR, M. R. M. P.; OLIVEIRA, R. O.; ARCANJO, M. E.; CARVALHO, E. L. Coleta seletiva e separação de plásticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 17, p.32-35, maio 2003. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a08.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente**. 2010. Disponível em: < <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31/28> >. Acesso em: 28 jan. 2021.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, Apr. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 28 jan. 2021.

PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 602-625, 2018.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. D. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. D.; & SILVA, J. D. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova Escola**, v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

RECEPUTI, C. C.; PEREIRA, T. M.; VOGEL, M.; REZENDE, D. B. Habilidades cognitivas em processos formativos de professores da educação básica na aprendizagem baseada em problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 163-180, ago 2019.

SANTOS, P. G. M.; NUNES, R. C. Avaliação da qualidade de sacolas plásticas: uma proposta para a Educação Ambiental no Ensino Fundamental. **Ciências & Idéias**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.1-13, jan./jun. 2015. Disponível em: < <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/458/305>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

STRATHERN, P. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

TEÓFILO, E. T. et al. Stress cracking e ataque químico do PET em diferentes agentes químicos. **Polímeros**, [s.l.], v. 19, n. 3, p.202-211, jan. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282009000300008>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282009000300008>. Acesso em: 4 dez. 2019.