

QUÍMICA E LITERATURA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DO LIVRO "THE POISONER'S HANDBOOK"

CHEMISTRY AND LITERATURE: A PROPOSAL FOR TEACHING SEQUENCE FROM THE BOOK "THE POISONER'S HANDBOOK"

Letícia do Prado [leticia.prado1@unesp.br]

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo.

Larissa Dyovana de Oliveira Zamuner [larissa.zamuner@unesp.br]

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma sequência didática cujo objetivo centra-se em ensinar a função orgânica álcool utilizando trechos do livro *The Poisoner's Handbook* e notícias atuais como ponto de partida para a aprendizagem. A alfabetização científica é uma grande aliada na formação do aluno em sua integralidade, por meio dela espera-se que o aluno, torne-se cidadão apropriando-se dos conhecimentos científicos e aplicando-a em seu cotidiano. Nesse sentido, o uso de textos literários e paradidáticos têm se mostrado um forte aliado do ensino de ciências, pois permitem criar uma interface entre a comunicação científica e a comunicação popular da ciência através de histórias reais ou de ficção. Por outro lado, as sequências didáticas são formas de organizar as competências, habilidades e os conteúdos escolares de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito. Neste trabalho faz-se uma aproximação entre o ensino de química e a literatura de romance por meio de trechos do livro *The Poisoner's Handbook*. O livro conta a história do médico legista Charles Norris, e do toxicologista, Alexander Gettler, enquanto trabalhavam em inúmeros casos de envenenamento na cidade de Nova York, em meados de 1920. Por abordar casos reais, o livro também tem a potencialidade de ser usado de forma interdisciplinar, relacionando conteúdos de química e biologia contextualizados ao período histórico-social da época, além do incentivo e aprimoramento do idioma inglês pelo aluno, caso o professor opte por utilizá-lo no idioma original. A sequência didática proposta neste trabalho explora o uso de metodologias não tradicionais de ensino, como o uso de experimentos, jogos, matérias de revistas e jornais e aplicativos para *smartphones*, a fim de contribuir com a autonomia dos alunos em sua própria aprendizagem. A partir de instrumentos de validação disponíveis na literatura da área, pode-se considerar que a sequência didática proposta atinge os princípios gerais para aplicação, atuando de maneira relevante no Ensino de Química.

PALAVRAS-CHAVE: literatura e ensino de química; livro paradidático; metodologias de ensino.

ABSTRACT

*This work presents a didactic sequence whose objective is to teach the organic function of alcohol using excerpts from *The Poisoner's Handbook* and current news as a starting point for learning. Scientific literacy is a great ally in the formation of the student in its entirety, through it, the student is expected to become a citizen, appropriating scientific knowledge, and*

*applying it in their daily lives. In this sense, the use of literary and paradidactic texts has proven to be a strong support of science education since they allow the contextualization of themes to promote an interface between scientific communication and popular communication of science through real or fictional stories. On the other hand, didactic sequences are ways of organizing competences, skills, and school content in a systematic way, around an oral or written textual genre. In this work, an approximation is made between the teaching of chemistry and the novel using excerpts from the book *The Poisoner's Handbook*, that tells the story of coroner Charles Norris and a toxicologist, Alexander Gettler, who handled numerous cases of poisoning in New York City in the mid-1920s. As it deals with real cases, the book also has the potential to be used in an interdisciplinary way, since it deals with content related to chemistry and biology contextualized to the historical-social period of the time, and the encouragement and improvement of the English language by the student, if the teacher choose to use it in the original language. The didactic sequence proposed in this work explores the use of non-traditional teaching methodologies, such as the use of experiments, games, magazine and newspaper articles and smartphone applications, to contribute to the students' autonomy in their own learning. From the validation instruments available in the literature of the area, it can be considered that the proposed didactic sequence reaches the general principles for application, acting in a relevant way in the Teaching of Chemistry.*

KEYWORDS: *literature and chemistry teaching; paradidactic book; teaching methodologies.*

INTRODUÇÃO

A alfabetização científica faz-se imprescindível uma vez que por meio dela homens e mulheres tornam-se capazes de entender, opinar e agir na sociedade em que vivem. Cabe, portanto, ao professor uma constante reflexão sobre sua prática docente de forma a priorizar ações que evidenciem a alfabetização científica de seus estudantes (CHASSOT, 2006).

Nessa direção, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), proposta em 2018, aponta a necessidade de “discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente” (BRASIL, 2018, p. 594).

Assim, é de suma importância estabelecermos metodologias que promovam maior autonomia reflexão e motivação aos alunos, abarcando um ensino integral, que além de apresentar conhecimentos específicos das ciências preparam os alunos para a vida ativa e atuante na sociedade.

A fim de colaborar com a prática docente e romper com a fragmentação do ensino, propomos a criação de uma Sequência Didática (SD), utilizando jogos, aplicativos para *smartphones*, matérias de revistas e jornais, artigos, modelos didáticos e literatura, como metodologia para promover a atenção e participação dos alunos. A SD tem como base a organização em módulos, sequências que se conectam proporcionando uma maior fluidez e continuidade no conteúdo proposto e promovendo uma aprendizagem mais significativa.

Aliada a construção da SD propomos o uso da literatura, representada neste trabalho pelo livro *The Poisoner's Handbook* escrito por Deborah Blum e publicado, em 2010, pela Editora Penguin, em Nova York. A literatura possibilita a humanização do conhecimento científico, tendo em vista que cria um vínculo entre tal conhecimento e a realidade do aluno, possibilitando aos alunos uma experiência de aprendizagem dinâmica.

QUÍMICA E LITERATURA: CONSTRUINDO INTERFACES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

A literatura abarca regiões do conhecimento que a ciência acabou por se descuidar, uma vez que “a literatura desconecta, incomoda, desorienta, desnorteia mais que o discurso filosófico, sociológico ou psicológico porque ela faz apelo às emoções e empatia” (COMPAGNON, 2012, p.64).

Nesse sentido, o uso da literatura no ensino de ciências pode auxiliar na compreensão sobre o mundo, sobre os outros e sobre si mesmo, pois, ao se apropriar da cultura de uma época, possibilita a compreensão sobre as emoções, ações e imaginações de uma sociedade. Além de promover um ensino mais dinâmico, aprendizagem e estimular o hábito de leitura e enriquecer o processo de ensino (PALCHA; CABRAL, 2015).

Pode-se, portanto, utilizar da literatura tanto para transformar o ensino de ciências em um ensino mais dinâmico e reflexivo, quanto para contribuir e associar os conteúdos de química às habilidades e competências estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular. A literatura e ciência não devem só se complementar, mas também construir relações na educação escolar, visto que essas diferentes linguagens se articulam produzindo um sentido construtivo de conceitos e significados estimulando a capacidade de compreensão do aluno. A ciência expande o imaginário e a literatura dá sentido à descoberta. (VIERNE, 1994, PALCHA; CABRAL, 2015).

Dentre os inúmeros tipos de texto e seus objetivos, os livros de literatura podem ser considerados paradidáticos, pois tem a potencialidade de promover um apoio ao livro didático tendo em vista sua abordagem mais dinâmica e próxima a realidade do aluno.

Nesse sentido, Rodrigues (2015) aponta que os livros paradidáticos são como ferramentas capazes de “viabilizar a compreensão do aluno relativa aos conceitos apresentados, bem como oferecer, ao estudante, a possibilidade de interagir reflexiva e criticamente com o seu meio social, desenvolvendo e vivenciando a sua cidadania” (RODRIGUES, 2015, p. 768).

Soma-se a esta potencialidade a veia científica da autora, segundo os críticos literários do *The New York Times*, Blum se destaca, pois, seus trabalhos possuem compreensão plena quanto a produção cultural e social da ciência, ela é capaz de incorporar aspectos e atribuir sentidos diversos à ciência nos diferentes contextos explorando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade em suas histórias (BLUM, 2019).

Em um de seus escritos mais famosos, a escritora abordou a biologia do comportamento, o que lhe rendeu muitos frutos. Dentre eles, a série de artigos sobre questões éticas na pesquisa com primatas intitulada *The Monkey Wars*, que ganhou o *Prêmio Pulitzer* por *Beat Reporting* em 1992. Esse trabalho foi o ponto de partida para o seu primeiro livro também intitulado *The Monkey Wars*, publicado pela *Oxford University Press* em 1994 (BLUM, 2019).

Seu currículo ainda conta com diversos livros de veia científica, que usam momentos da história para explorar o modo como a ciência funciona. E embora o conteúdo, momento histórico e realidade de cada livro seja diferente, a relação ciência e sociedade é estabelecida em todos eles. Entre seus inúmeros trabalhos, encontra-se o livro *The Poisoner's Handbook: Murder and the Birth of Forensic Medicine in Jazz Age New York*¹, publicado pela *Editora Penguin* em 2010, no qual manteve o vínculo entre a química e o jornalismo (BLUM, 2019).

1 *The Poisoner's Handbook (TPH)* foi *best-seller* do *New York Times*, nomeado um dos 100 melhores livros do ano de 2010 pela *Amazon*, e acabou se tornando um documentário amplamente elogiado na *American Experience* da *Public Broadcasting Service (PBS)*.

A escolha do livro *The Poisoner's Handbook* se baseou no fato de que ele é inédito na área do Ensino de Química e traz uma linguagem clara e precisa sobre os conhecimentos científicos, ideal para a popularização da ciência.

A história se passa em uma época conhecida como *Jazz Age*, nos EUA, e relata o trabalho do médico legista, Charles Norris, e do toxicologista, Alexander Gettler, que buscam resolver uma série de assassinatos por envenenamento, durante o período da *Prohibition*². É fato que a ciência forense da época ainda era muito recente, e que Norris e Gettler são reconhecidos pelas contribuições na área e na história da Química Forense, em um dos trechos do livro, Blum escreve,

Juntos, Norris e Gettler elevaram a química forense desse país a uma ciência formidável. Detetives científicos pioneiros, eles conquistaram um lugar respeitado no tribunal, cruzaram-se contra compostos perigosos para a saúde pública e pararam muitos envenenadores da Era do Jazz. Ao combaterem com determinação os obstáculos enfrentados em cada novo caso, eles desenvolveram métodos laboratoriais inovadores para identificar toxinas no tecido humano. Sua contribuição científica se tornou um legado para as gerações futuras (BLUM, 2010, p.4, tradução nossa).

Por se tratar de um livro de romance policial, a trama tem a competência de atrair a atenção e aguçar a curiosidade dos alunos para o desfecho de cada uma das histórias, proporcionando um aprendizado mais significativo para o Ensino de Química.

Dentre a gama de potencialidades do livro, podemos expor a relevância do contexto histórico para o desenvolvimento da trama. A *Prohibition* foi uma época em que toda e qualquer produção e comercialização de bebida alcoólica foi proibida, resultando em produções caseiras e bebidas contaminadas. O tema pode ser explanado ao longo da Sequência Didática para discussão dos impactos sociais relacionados ao consumo de álcool contaminado, promovendo assim, uma interdisciplinaridade entre as disciplinas de história, química e biologia. Além disso, por ser originalmente escrito no idioma inglês, ainda tem a potencialidade de trabalhar a interdisciplinaridade entre a Língua Inglesa e a Química.

Dito isso, temos por objetivo principal no presente trabalho a apresentação de uma Sequência Didática para o Ensino de Química, abordando especificamente o ensino da função orgânica álcool através do livro *The Poisoner's Handbook* (BLUM, 2010) como ponto de partida para as discussões sobre a Química, a tecnologia e a sociedade.

SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS: UMA ALTERNATIVA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Quando analisamos o ensino e a aprendizagem na área de química nos deparamos com um cenário complexo, uma vez que a Química, enquanto ciência particular, necessita explorar o mundo subatômico e suas abstrações. Além disso, devemos voltar nosso olhar para o ato de ensinar, compreendendo que este não é uma via de mão única, ou seja, ensino por si não gera a aprendizagem. Diante desta complexidade, Carvalho e Perez (2001) afirmam que os professores precisam saber construir e dirigir o trabalho dos alunos para que eles realmente alcancem os objetivos propostos nas atividades planejadas.

Deve-se, portanto, utilizar métodos que proporcionem um ensino menos fragmentado, permitindo que o aluno estabeleça conexões entre seu cotidiano e o saber científico. Outrossim, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (2018) é necessário

² A Lei da Proibição (Lei Volstead) ocorreu de 1920 a 1933 e proibia nacionalmente a fabricação, transporte e venda de bebidas alcoólicas no território dos EUA.

Selecionar e aplicar metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, recorrendo a ritmos diferenciados e a conteúdos complementares, se necessário, para trabalhar com as necessidades de diferentes grupos de alunos, suas famílias e cultura de origem, suas comunidades, seus grupos de socialização etc. (BRASIL, 2018, p. 17).

Nesse contexto, a Sequência Didática (SD) se apresenta como um instrumento metodológico muito eficiente para que se atinjam os objetivos educacionais, pois quando planejamos as atividades de maneira sequencial contribuimos para uma aprendizagem mais significativa em diversos conteúdos na área das ciências (LEACH et. al., 2005).

Prado et al (2020, sn), salientam que há inúmeros trabalhos preocupados em definir e ensinar a elaborar seqüências didáticas,

(...) autores como Zabala (1998) e Araújo (2013) afirmam que uma SD é composta por seqüência de atividades organizadas de modo gradual em torno de um objetivo de aprendizagem em comum, organizada em três momentos que se complementam na aplicabilidade: produção diagnóstica, módulos e atividade final. No decorrer desses momentos, a modularidade dos conteúdos se mantém presente a fim de promover um ensino mais dinâmico. Com isso, as atividades devem ser pensadas de modo promover o protagonismo do aluno, incentivando a reflexão e a prática e o desenvolvimento de atitudes.

Dentro do rol de autores que estudam o uso de SD no Ensino de Ciências, propomos a organização de uma SD baseada em Guimarães e Giordan (2011), a qual se vale de uma seqüência de decisões organizadas previamente e adaptadas conforme a aplicação.

Segundo o levantamento dos autores, ao elaborar uma SD o professor precisa considerar os conhecimentos prévios e as limitações da sua turma atentando-se ao uso de metodologias variadas para atingir os objetivos de aprendizagem. Neste sentido a avaliação deve investigar a aprendizagem dos alunos e a própria eficiência da SD proposta. Deve-se, ainda, pensar nos detalhes que compõem o todo, assim, o título deve atrair a atenção do aluno e ter como objetivo refletir o conteúdo bem como as ações desenvolvidas.

Também é necessário considerar a adequação da proposta ao público e o tempo estimado para cada atividade proposta, o tempo varia para cada turma e cada professor específico, em por isso deve ser avaliado e planejado pelos professores que executam a SD.

Para que haja motivação do alunado pode-se recorrer a problematização, na qual ocorre a apresentação da situação e o tema será justificado, assim sugere-se o uso de uma pergunta inicial que deverá ser respondida no final da SD. Na questão inicial também pode-se deixar claro os objetivos, que devem ser relacionados às habilidades e competências do aprendiz do aluno e não do processo de ensino do professor.

A partir da decisão dos objetivos propostos para a SD, o professor deve fazer a produção diagnóstica, ou seja, avaliação feita inicialmente a fim de conhecer as capacidades adquiridas dos alunos.

Na seqüência, é imprescindível elencar os conteúdos abordados durante a SD por meio de módulos. É importante nesse momento promover uma dinâmica e fluidez entre os conteúdos para atingir o objetivo da SD, caso contrário será apenas uma seqüência de aulas isoladas.

Seguindo a dinâmica para todos os módulos planejados, é importante deixar claro que a avaliação formativa é feita ao longo de toda a seqüência didática. Conforme aponta a BNCC (2018), é necessário

(...) construir e aplicar procedimentos de avaliação formativa de processo ou de resultado que levem em conta os contextos e as condições de aprendizagem, tomando tais registros como referência para melhorar o desempenho da escola, dos professores e dos alunos; (BRASIL, 2018, p.17).

Guimarães e Giordan (2011) apontam ainda que a avaliação da eficiência das sequências didáticas tem mais validade se forem feitas pelo professor e por outros profissionais da escola, como coordenadores pedagógicos, por exemplo, e que estas sequências devem ser divulgadas para que se disseminem boas práticas no âmbito educacional.

Por fim, deve-se elencar as referências utilizadas na preparação da SD e dispor um material de apoio para o professor que for aplicar este material.

Em suma, defendemos que uma SD deve ser um instrumento metodológico que motive e auxilie o aluno a tomar uma postura ativa na construção do seu conhecimento, não por isso deve esgotar as possibilidades de ação do professor. É importante deixar claro que a SD deve ser adaptada pelo professor de acordo com as necessidades da escola, da comunidade e dos alunos.

A SEQUÊNCIAS DIDÁTICA: A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÁLCOOIS: ANÁLISE DE CASOS DO LIVRO THE POISONER'S HANDBOOK

Ao propormos essa SD, nos justificamos na Base Nacional Comum Curricular (2018) a qual propõe, para o Ensino de Ciências, "discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente" (BRASIL, 2018, p. 549).

Objetivando a educação integral do aluno, a SD proposta é fundamentada não só na sequência dos conteúdos, mas também na articulação entre os objetivos de aprendizagem e as Competências Gerais da BNCC (2018).

Para isso, utilizaremos a literatura como estratégia de ensino, atrelando a linguagem artística à linguagem científica para que os alunos possam "se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo" (BRASIL, 2018, p. 9).

Com título "*A composição química dos álcoois: análise de casos do livro The Poisoner's Handbook*", a SD é recomendada para alunos do 3º ano do Ensino Médio, com tempo estimado de 10 aulas, de 45 minutos cada, porém, por se tratar de uma proposta de atividade entendemos que fica a cargo do professor estabelecer o planejamento adequado do tempo de cada atividade segundo as particularidades de sua turma.

O objetivo geral desta SD é a construção do conhecimento sobre a função orgânica álcool, abordando não só os conteúdos gerais indicados pelo currículo, mas também os conceitos tecnológicos e experimentais que contribuirão para a formação técnica do aluno. Além disso, serão apresentadas concepções éticas e sustentáveis relacionadas ao cotidiano, promovendo uma formação integral para a vida em sociedade.

É importante salientar que os conhecimentos prévios relacionados a Ligações Químicas, Densidade, Solubilidade, Processos de Separação de Misturas, Geometria Molecular, Polaridade, Forças Intermoleculares, Propriedades coligativas, Introdução à Química Orgânica e Hidrocarbonetos são fundamentais para a aplicação dessa SD.

O desenvolvimento da sequência didática será dividido em módulos, os quais serão apresentados: tempo estimado para cada atividade, os objetivos específicos, as estratégias de ensino, os conhecimentos de química e as atividades avaliativas.

Algumas atividades avaliativas serão apresentadas aos pares dentro de cada aula, com uma opção de atividade online e uma opção de atividade presencial, aplicadas conforme a escolha do professor. Vale ressaltar que a escolha de aplicação para apenas uma das atividades não interfere no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que as propostas terão os mesmos objetivos de aprendizagem.

Cada um dos módulos foi sistematizado com apoio nos Eixos Temáticos *Matéria e Energia e Cosmos, Terra e Vida* do Ensino Médio e articulados às Competências e Habilidades Específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Médio propostos pela BNCC (BRASIL, 2018).

No quadro 1, apresentamos um panorama da SD, contendo o número do módulo, os conteúdos abordados naquele módulo, bem como as estratégias de ensino utilizadas. Além disso, na coluna "Objetivos de aprendizagem de acordo com a BNCC (2018)" estão expressos os Eixos Temáticos (ET), as Competências Gerais (CG) e as Habilidades Específicas (HE)³ compreendidas em cada módulo.

Quadro 1: Panorama da SD "A composição química dos álcoois: análise de casos do livro *The Poisoner's Handbook*"

| MÓDULO | CONTEÚDOS ABORDADOS | ESTRATÉGIAS DE ENSINO | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM (BNCC) |
|--------|--|--|--|
| I | O que é uma função alcoólica; classificação de álcoois; nomenclatura. | Leitura de notícias de jornal, leitura de excerto do livro TPH, uso de modelos e jogos. | ET: Matéria e Energia. CG: 1, 2, 4, 5, 7 e 9. HE: 104, 201, 301, 302, 303, 306 e 307. |
| II | Propriedades físico-químicas dos álcoois: densidade, solubilidade, temperaturas de fusão e ebulição, forças intermoleculares, polaridade, geometria e isomeria. | Leitura de excerto do livro TPH, leitura da ficha FISPQ, experimentação, uso de modelo molecular ou aplicativo para celular e uso de artigos de revista. | ET: Matéria e Energia. CG: 1, 2, 4, 5, 7 e 9. HE: 101, 104, 201, 205, 301, 302, 303, 306, 307 e 310. |
| III | Como surgiu o processo de destilação; o que significa destilar um álcool; como ocorre o processo de destilação; quais as propriedades físico-químicas estão relacionadas ao processo; o que é um biocombustível; qual a importância do biocombustível. | Leitura de excerto do livro TPH, confecção de destilador alternativo (se necessário), experimentação, leitura de artigo e uso de aplicativo (complementar) | ET: Matéria e Energia. CG: 1, 2, 4, 5, 7, 9 e 10. HE: 101, 104, 201, 205, 301, 302, 303, 306 e 307. |
| IV | Reações de álcoois: ácido-base, oxidação, desidratação, combustão completa e combustão | Leitura de excerto do livro TPH, uso de aplicativo (complementar) e experimentação. | ET: Matéria e Energia. CG: 1, 2, 4, 5, 7, 9 e 10. HE: 101, 201, 205, 301, 302 e 303. |

³ Os números apresentados para as Competências Gerais (CG) e Habilidades Específicas (HE) seguem a codificação da BNCC. É possível consultá-los nas páginas 9-10 e 554-560 do documento disponível para *download* em: basenacionalcomum.mec.gov.br

| | | | |
|---|---|---|---|
| | incompleta; hidrocarbonetos correspondentes. | | |
| V | Metabolização do álcool no organismo; produtos correspondentes a metabolização do álcool, efeitos do álcool no organismo; ação do álcool em microrganismos. | Leitura de excerto do livro TPH, leitura de artigo e leitura de notícias. | ET: Vida, Terra e Cosmos. CG: 1, 2, 4, 7, 8 e 9. HE: 101, 104, 201, 207, 301, 302, 303, 304 e 306 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ressaltamos ainda que a SD apresentada neste trabalho, não é um curso completo de Química Orgânica, desse modo, as demais funções orgânicas e conteúdos relacionado a este estudo devem ser planejados pelo professor e abordados em sala de aula.

ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1. Produção diagnóstica

O objetivo desse momento é compreender os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao tema proposto. Para isso sugere-se a realização de uma atividade em grupo para a resolução de questões.

Ao ouvir as respostas dos alunos para as questões:

- *Qual combustível polui mais o ambiente, a gasolina ou o etanol?*
- *Sabendo que a molécula de etanol possui ligações de hidrogênio, seu ponto de fusão e ebulição é maior ou menor que o da molécula de eteno? Por quê?*
- *Sabendo que a molécula C_2H_6 se chama etano, qual é a possível conformação do álcool etanol? (Para essa questão sugere-se que o professor desenhe às moléculas na lousa)*

O professor deve avaliar a necessidade de retomada de conteúdos por meio de explanação ou reorganização de perguntas para que os alunos discutam entre si. Ao final da atividade é recomendado reservar um momento para discussão das respostas e exposição das respostas esperadas.

Entendemos que esta atividade diagnóstica é muito particular e que cada turma levará um tempo para concluí-la. Sugerimos que após as discussões o professor apresente a problemática inicial da SD, utilizando a seguinte problematização como introdução para o tema:

No dia 05 de março de 1999, a Folha de São Paulo publicou uma reportagem a respeito de 30 mortes e outras 105 internações devido à ingestão de aguardente contaminada⁴. Uma outra manchete publicada em 13 de maio de 2020 pelo G1, afirma que mais de 100 mexicanos foram mortos devido ao álcool contaminado⁵. Mais de 20 anos se passaram entre essas duas manchetes, no entanto, eu posso afirmar que a causa da morte é a mesma, o metanol. Continuando com as notícias, em 2017 foi apresentado em uma reportagem do jornal El País, que ainda com a crise instaurada, o Brasil produz cerca de

4 Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff05039924.htm>>. Acesso em: 28 mar 2020.

5 Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/05/13/mais-de-100-mexicanos-morrem-por-alcool-contaminado-em-meio-a-escassez-de-erveja.ghtml>> Acesso em: 18 mai 2020.

800 milhões de litros de cachaça por ano⁶. Com esses conhecimentos que temos agora, porque será que apenas uma pequena parcela de aguardente produzida no Brasil pode intoxicar, envenenar e até mesmo levar à morte os seus consumidores?

É interessante deixar um espaço de discussão, mediada pelo professor para que se possa compreender quais são os conhecimentos prévios dos alunos. Nesse momento, o professor pode utilizar alguns exemplos de álcoois presentes no dia a dia, como o etanol combustível, álcool de limpeza, álcool em gel, álcool isopropílico utilizado como esterilizantes, entre outros que o professor julgar necessário. Durante a mediação, novas questões e informações podem ser adicionadas caso o professor julgue necessário.

Sugere-se algumas perguntas norteadoras para a induzir a discussão, como por exemplo:

- *Como você acha que pode ser uma molécula de álcool?*
- *De quais compostos uma molécula de álcool pode ser feita?*
- *Para que o álcool serve?*
- *Onde pode ser encontrado o álcool no seu dia a dia?*

2. Módulo I

Com tempo estimado de duas aulas, este módulo busca orientar os alunos com relação a identificação de uma função alcoólica, abordando a nomenclatura de moléculas determinada pela IUPAC. Tendo por objetivo alfabetizar cientificamente o alunado para a vida em sociedade, espera-se investigar e discutir sobre a nomenclatura de diferentes álcoois conforme sua composição química e construir protótipos moleculares com o uso de um aplicativo tecnológico a partir de sua nomenclatura.

Para a primeira aula deste módulo é interessante que o professor apresente o livro *The Poisoner's Handbook* e seus personagens por meio da narrativa:

*A história do livro *The Poisoner's Handbook* (Manual dos envenenadores) se passa na Nova York do século XX, época conhecida como *Jazz Age*. Tal época ficou marcada pela *Prohibition* nos EUA, uma luta partidária importante, na qual o partido vigente assinou a Lei da Proibição com o objetivo de proibir a comercialização e, conseqüentemente, o consumo de bebida alcoólica no país. Além disso, lidava-se também com a novidade da química forense, em que muitas pessoas não acreditavam nessa ciência e tantas outras nem se quer ouviram falar a respeito. Nesse cenário, surge um médico legista, Charles Norris, e um toxicologista, Alexander Gettler, com o objetivo de colocar a ciência forense no seu merecido holofote. Expondo que às disputas políticas em torno da *Prohibition* levaram muitas pessoas a morte. E como o livro fala sobre uma época em que o álcool causou muitas mortes nos EUA, vamos utilizá-lo como metodologia norteadora ao longo das aulas sobre a função orgânica álcool.*

Após a apresentação, o professor pode trazer a manchete da notícia abordada na aula anterior, a qual diz respeito às mortes de mexicanos devido a produção de álcool ilegal. A notícia é atual e aborda o mesmo tema do livro estudado, mostrando ao aluno a importância do estudo.

Na sequência, o excerto abaixo deve ser distribuído aos alunos com o intuito de introduzir a função álcool. Nesse momento, é indicado que alguns alunos possam ler os trechos em voz alta para posterior discussão.

Alexander Gettler tinha outro motivo, no entanto, para explorar a química do álcool etílico. Era um veneno absolutamente importante, mas também era fascinante. (Esta substância)

6 Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/01/politica/1501602483_038913.html>. Acesso em: 28, mar. 2020.

Oferece um estudo de caso esclarecedor sobre a natureza peculiar e paradoxal da química do planeta: o que sustenta a vida também poderia matá-la.

Indiscutivelmente, os três átomos mais importantes da Terra são: carbono, oxigênio e hidrogênio. O carbono fornece a base química fundamental de todas as formas de vida no planeta, passado e presente. Quando os combustíveis derivados da vida decomposta e fossilizada - como carvão ou gasolina - queimam, liberam carbono no ar. O oxigênio é vital para manter vivas as formas de vida baseadas em carbono, exceto algumas criaturas estranhas, como bactérias anaeróbicas. E se dois átomos de hidrogênio se ligam a um único átomo de oxigênio, o resultado é esse líquido gloriosamente necessário chamado água.

Misturados, reorganizados e estendidos em longas cadeias, arranjos elaborados e simples blocos atômicos, esses três produtos químicos escrevem a história da vida na Terra. Eles formam açúcares, proteínas, ácidos, hormônios, enzimas - a lista é quase infinita. Essa lista complexa também inclui a família comum e perigosa dos álcoois.

Os álcoois primários, incluindo metanol e etanol, são arranjos diretos de carbono, hidrogênio e oxigênio. No curioso caminho da química, o mais mortal dos dois compostos é o mais simplesmente construído. O metanol é o composto CH_3OH . Começa com um aglomerado de três átomos de hidrogênio envolvendo um carbono que está ligado a um radical hidroxila, composto por um par hidrogênio-oxigênio. O etanol é um composto levemente mais volumoso: C_2H_5OH . Dois carbonos, ligados entre si, e cinco hidrogênios, contornando, formam um arranjo robusto, mais uma vez ligado a esse radical hidroxila altamente reativo. Alguns álcoois mais sofisticados têm estruturas mais complicadas, contendo, por exemplo, mais átomos de carbono. Mas esses álcoois elaborados nunca foram destinados a se tornar material para consumo (...) pois não são solúveis em água. Acontece que o carbono extra interfere no processo de interação molecular. Por exemplo, o álcool isopropílico se solubiliza quando adicionado em água, mas quando misturado a uma solução salina, não possui a mesma solubilidade.

O álcool etílico, incrivelmente solúvel e surpreendentemente intoxicante, é obtido a partir da fermentação de frutas, grãos e até vegetais, é de longe o membro mais popular do álcool de forma discreta. E o mais estudado" (BLUM, 2010, p. 198-199, tradução nossa).

Finalizada a leitura, algumas perguntas podem ser realizadas para nortear os alunos na construção do conhecimento referente a função alcoólica, como por exemplo: "Quais elementos compõem uma função alcoólica?"

Nesse momento, é interessante a apresentação do metanol e do etanol como exemplos de função alcoólica. Para isso, novas perguntas podem ser feitas, como por exemplo: "como é a estrutura do metanol e do etanol?", "como esses elementos podem ser organizados nessa estrutura?", "o que elas têm em comum?", "o que pode caracterizar uma função alcoólica". Essa nova discussão pode servir para introduzir o conteúdo referente a classificação de álcoois, realizando uma nova série de perguntas do tipo: "o que pode-se entender como álcool primário?", "como vimos no texto, o metanol e o etanol são álcoois primários, o que isso significa?", "o álcool isopropílico possui mais átomos de carbono, e a hidroxila está posicionada em um carbono diferente, o que isso quer dizer?", "qual classificação, dentro do grupo álcool, o álcool isopropílico pode receber?"

Para proporcionar uma melhor visualização, é recomendado o uso de modelos moleculares montáveis ou projeção das moléculas em 3D e a apresentação da nomenclatura de álcoois presentes no nosso cotidiano de acordo com a IUPAC.

Por fim, é sugerido a realização da atividade 1 deste módulo, adaptada do Jogo da Memória proposto por Silva et. al. (2010). Outra sugestão para a atividade 1 deste módulo é o uso do aplicativo *King Draw Chemical* (PRECISION, 2018), no qual o professor pode apresentar os nomes das moléculas para que os alunos as desenhem no aplicativo.

3. Módulo II

Com tempo estimado de quatro aulas, o módulo busca orientar os alunos sobre as propriedades físico-químicas dos álcoois, relacionando os conceitos de densidade, solubilidade, temperaturas de fusão e ebulição, forças intermoleculares, geometria e polaridade a composição química desses álcoois. Espera-se que os alunos possam investigar como tais propriedades se comportam nos diferentes exemplos, interpretando a relação entre as propriedades dos álcoois e sua aplicação no cotidiano para discutir e propor soluções sustentáveis.

Para a primeira aula desse módulo recomenda-se que o professor apresente e explique a ficha FISPQ do etanol⁷ e do metanol⁸ aos alunos. Como atividade 1 sugerida, os grupos, formados por até cinco alunos, devem ler ambas as fichas e comparar as propriedades dos dois álcoois.

Em seguida, o professor pode optar por realizar uma exposição dialogada de conteúdo, envolvendo as propriedades físico-químicas dos álcoois. É importante que tais propriedades sejam relacionadas ao tamanho da cadeia e quantidade de carbonos e que se use como exemplos os álcoois presentes no dia a dia (ex: etanol combustível, álcool de limpeza, álcool em gel, vinho etc.).

A segunda aula pode ser iniciada retomando os conteúdos e os dois últimos parágrafos do excerto do livro TPH entregue aos alunos no Módulo I.

Sugere-se, por fim, o experimento "Qual o volume final?", cujo roteiro encontra-se no material suplementar deste trabalho, a fim de relacionar as propriedades estudadas à estrutura molecular de diferentes álcoois.

Neste experimento, os alunos poderão observar a relação entre solubilidade, forças intermoleculares e polaridades, analisando-as através das moléculas dos solventes. Ao misturar a água a qualquer um dos solventes listados no experimento, os alunos obterão uma mistura de volume menor do que o esperado, isso se dá devido às semelhanças entre as moléculas de água e solvente.

Quando adicionado o sal, os alunos observarão que apenas a mistura de álcool isopropílico + água se separará. Como a maioria dos líquidos são incolores, essa separação fica evidenciada através da diferença de densidade das substâncias, de modo que é possível observar a linha exata de separação dessa mistura se nos atentarmos à viscosidade dos líquidos. Quando realizada a etapa da mistura água + gasolina, sugere-se que o professor aborde questões a respeito da adulteração de combustíveis e da necessidade de fiscalização a respeito das normas brasileiras. É interessante o professor relacionar tal observação às propriedades estudadas e ao tamanho da cadeia molecular, lembrando que tal explanação também deve constar no relatório.

As informações coletadas durante o experimento devem ser discutidas entre os grupos ao final da aula. Para a execução do experimento, o professor deve avaliar como a sala deve ser organizada para otimização do espaço físico e materiais disponíveis e do tempo da atividade.

Para avaliação desta etapa sugere-se que os alunos produzam uma história em quadrinhos para responder à questão "O que é um biocombustível e porque o etanol é

7 Disponível em <<https://www.br.com.br/wcm/connect/6fad4419-69ca-47f1-aabb-b507d1980d19/fispq-comb-etanol-etanol-hidratado-combustivel-ehc-rev02.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ILpYx9u>> Acesso 18 jun. 2020.

8 Disponível em <https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/DadosAbertos/FISPQ%20Metanol.pdf> Acesso 18 jun. 2020

considerado um biocombustível?" cujo texto pode ser consultado no site da ANP (www.anp.gov.br/biocombustiveis).

Na terceira aula deste módulo, será apresentado o conceito de geometria e isomeria em álcoois, a partir da leitura do excerto apresentado a seguir.

A estrutura química do álcool de madeira é simples: três átomos de hidrogênio ligados a um único átomo de carbono, formando um aglomerado conhecido como grupo metil, esse grupo está ligado a um oxigênio com outro átomo de hidrogênio o contornando (...) (BLUM, 2010, p. 38, tradução nossa).

Após a leitura, o professor pode dirigir as seguintes questões para discussão entre os alunos: "Como uma molécula de metanol se organiza espacialmente? Como representar uma organização 3D no papel?" Em seguida, para esclarecer as dúvidas é sugerida uma pequena exposição dialogada do conteúdo envolvendo a relação entre geometria molecular e isomeria, para isso recomenda-se a construção de modelos moleculares pelos alunos como proposto por Silva et al. (2017) ou mesmo o uso do aplicativo *King Draw Chemical* (PRECISION, 2018).

A última aula deste módulo objetiva o resgate de conceitos relacionados a modelos atômicos e distribuição eletrônica, relacionando-os com as propriedades da chama do metanol. Para isso, é sugerida a apresentação de um novo excerto do livro.

O álcool de madeira pode ser usado como um solvente, para fazer verniz, como ingrediente de corantes e como combustível. Alguns países, como Inglaterra e Alemanha, proibiram seu uso em produtos domésticos, considerando-o muito arriscado, mas os Estados Unidos o permitiram em uma série de materiais, incluindo essência de hortelã-pimenta, extrato de limão, colônia, loção pós-barba (...) (BLUM, 2010, p. 39, tradução nossa).

Em 1923, os químicos alemães descobriram como fabricar um álcool metílico sintético, chamado metanol. O segredo era colocar carbono, oxigênio e hidrogênio em uma panela de pressão industrial e superaquecer a mistura a mais de 204,5°C. O resultado foi um álcool metílico perfeito. O metanol sintético era extraordinariamente puro e extremamente barato de fazer. Em poucos anos, as fábricas de álcool de madeira fecharam as portas, dando lugar à nova química. Em 1925, Norris avisou que o metanol alemão estava sendo vendido nas ruas de Manhattan pela metade do preço do álcool de madeira. E não era difícil de encontrar, ele acrescentou: "Nós o usamos nos radiadores dos nossos automóveis e em toda a casa nos produtos de limpeza, tintas, venenos de insetos e loções de beleza. Ele está presente em mais de duzentos artigos de uso comum, doméstico e industrial" (BLUM, 2010, p. 161, tradução nossa).

A fim de promover a curiosidade dos alunos, pode-se utilizar o exemplo do uso do combustível na Fórmula Indy. Recomenda-se que o professor faça algumas perguntas, como por exemplo "Porque será que a Alemanha proibiu o uso do metanol?" e "Alguém já ouviu falar sobre fogo invisível?"

Sugere-se apresentar aos alunos dois artigos da revista Superinteressante, são eles: "Como é produzido o etanol?" (REVISTA, 2018) e "Cor da chama depende do elemento queimado" (REVISTA, 2016), para posterior discussão. Nesse momento, o professor deve atuar como mediador, promovendo a retomada dos conceitos relacionados à distribuição eletrônica para explicar o porquê a chama do etanol é invisível.

4. Módulo III

Com tempo estimado de três aulas, neste módulo objetiva-se a construção do conhecimento integral frente ao processo de destilação, por isso, os conhecimentos serão abordados de maneira linear, iniciando com um breve contexto histórico e finalizando com uma experimentação.

Sugere-se que a primeira aula seja iniciada com a leitura de outro excerto do livro *The Poisoner's Handbook*, nele discorre-se brevemente a descoberta do processo de destilação.

O interesse da pesquisa em álcool etílico remonta ao século VIII, quando alquimistas que trabalhavam no califa de Bagdá começaram a experimentar métodos de destilação, deixando para trás observações detalhadas sobre os vapores inflamáveis do vinho fervido. Milhares de anos depois, a Inglaterra do século XIII identificou a fórmula química do álcool etílico, aprendeu a sintetizá-la e fabricá-la em escala industrial. O álcool etílico produzido em massa (também chamado de etanol) é muito mais do que uma bebida palatável. Desnaturado, pode ser usado para tudo, desde solventes a combustíveis. Até automóveis podem funcionar com álcool: de fato, até a Prohibition, o Ford Modelo T poderia ser adaptado para funcionar com etanol. A prática caiu em desuso depois que os contrabandistas começaram a desviar o combustível dos carros e embalar-lo. A fiscalização do governo acusou os fabricantes de etanol combustível de permitir atividades criminosas (BLUM, 2010, p. 199-200, tradução nossa).

Entre esses excertos, pode-se relembrar a estrutura do etanol e do metanol, apontando algumas diferenças em suas moléculas.

(Álcool Metílico) Também é simples de fazer, como donos de indústria perceberam, exigia pouco mais que madeira e calor. O processo foi chamado de destilação destrutiva, na qual as lascas de madeira eram colocadas em um recipiente fechado e aquecidas a pelo menos 50°C. Quando a madeira se transformava em carvão, seus líquidos naturais vaporizavam. Esse vapor era resfriado, condensado e destilado em uma mistura escura contendo álcool metílico, acetona e ácido acético. Uma segunda destilação era feita para separar o álcool metílico puro— um líquido tão claro quanto o vidro e tão inodoro quanto o gelo— dos outros ingredientes (BLUM, 2010, p. 38, tradução nossa).

Nesse momento, espera-se que o professor mostre uma imagem ou vídeo explicando o funcionamento de um destilador simples, se a escola não possuir este equipamento para uso é possível construir um destilador alternativo a partir de materiais simples, como garrafa pet, lâmpada e mangueira de plástico.

O trabalho de Oliveira (2018), pode ser muito útil para orientação sobre esta construção. Como em toda atividade experimental, o professor deve testar previamente os limites e potencialidades do experimento, bem como da organização dos alunos para a atividade, se julgar interessante os próprios alunos poderão construir destiladores alternativos para uso na atividade final deste módulo.

A atividade final do módulo consiste na realização de um experimento referente ao processo de destilação. O experimento tem o objetivo de retomar algumas propriedades físico-químicas dos álcoois, bem como apresentar a visualização do processo de destilação para os alunos. O roteiro do experimento encontra-se no material suplementar deste trabalho.

Em linhas gerais, nesse experimento os alunos devem verificar a diferença entre os pontos de ebulição de uma mistura de água e etanol por meio de uma destilação simples. Incentiva-se a produção de um relatório composto por uma breve introdução sobre o processo de destilação, a apresentação do procedimento realizado através de um desenho, os resultados observados ao final do processo e um espaço destinado às novas informações que o aluno adquiriu com o experimento.

Recomenda-se que o professor incentive os alunos a ler artigos sobre energia limpa e biocombustíveis, relacionando-os aos impactos ambientais que podem proporcionar como atividade complementar ao módulo, são exemplos de textos para esta etapa:

- *Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras (COSTA NETO; et. al., 1999).*
- *Biocombustível, o Mito do Combustível Limpo (CARDOSO; MACHADO; PEREIRA, 2008).*
- *Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho (SALLA; et. al., 2010).*
- *O biocombustível no Brasil (LEITE; LEAL, 2007).*

Durante a leitura, o professor pode atuar como mediador incitando a discussão a respeito do processo de produção e do uso do biocombustível. Pode ser interessante também a divisão dos alunos da sala em grupos com o objetivo de produzir e apresentar mapas conceituais sobre os artigos.

5. Módulo IV

Com tempo estimado de duas aulas, os objetivos propostos para esse módulo se relacionam a interpretação e construção das principais reações envolvendo álcoois, tais como oxidação, desidratação, combustão completa e combustão incompleta, e seus hidrocarbonetos correspondentes. Ao final, espera-se que o aluno não só compreenda cada uma das etapas envolvidas nas reações, distinguindo produtos e reagentes, mas também avalie tais reações nos processos cotidianos, como na fermentação acética e na combustão do etanol nos automóveis. Além disso, serão expressas reações não espontâneas, geralmente utilizadas em laboratórios e indústrias, que tem por finalidade a obtenção de outros compostos orgânicos, para que o aluno adquira habilidades relacionadas ao conhecimento científico técnico e teórico.

É recomendado iniciar a aula com uma exposição dialogada a respeito do equilíbrio ácido-base de álcoois, abordando equação química, constante de ionização e valor de pKa. Tais propriedades devem sempre ser associadas a características gerais e específicas de álcoois.

A fim de dar continuidade a aula e introduzir os conceitos de oxidação, desidratação e combustão, serão apresentados alguns trechos do livro para discussão entre os alunos. Sugere-se que a leitura do trecho seja feita em voz alta de modo que se inicie uma discussão intercalada com a leitura.

(Gettler) Ele então avaliou métodos de detecção do metanol em órgãos humanos. Seu método favorito envolvia triturar um pedaço de tecido e colocá-lo em um frasco com uma gota de óleo mineral (para evitar a formação de espuma). O segundo passo consistia em aquecer a solução, colocando o frasco em um banho de água fervente, até se transformar em uma solução escura e espessa. E, por fim, misturar essa solução ao ácido, até esfriar. Em seguida, deveria adicionar à solução um composto instável e reativo que continha oxigênio - por exemplo, dicromato de potássio - e reaquecer o frasco. O oxigênio, muito reativo, desencadeia uma nova quebra do álcool no interior da sua molécula. O formaldeído deveria aparecer através de bolhas na solução. A maioria dos álcoois produz apenas um traço de formaldeído, mas o metanol libera uma quantidade avassaladora, venenosa e inconfundível (BLUM, 2010, p. 47 tradução nossa).

Testar uma garrafa (de bebida alcoólica) envolve um processo elaborado similar ao da destilação e oxidação. Mas Gettler reconheceu que para os inspetores no campo, que precisavam fazer o teste rápido em um salão, arrastar um destilador era estranho, para não dizer impossível. A alternativa "sobre rodas" era aquecer um fio de cobre até ficar um vermelho ardente e mergulhar o metal incandescente na garrafa. O metal aquecido faz com que o metanol interaja com o oxigênio no ar - um tipo diferente de oxidação - e solte um cheiro forte de formaldeído (BLUM, 2010, p. 47 tradução nossa).

Após finalizada a leitura de cada um dos trechos, o professor pode iniciar uma discussão a respeito das reações que foram descritas durante a leitura dos excertos. Lembrando que não é necessário, que o aluno saiba escrever como a equação é de fato, mas que identifiquem pelo menos os reagentes em questão.

No primeiro excerto, é esperado que o aluno identifique a presença do etanol, seguida de uma quebra da molécula e formação do formaldeído. Já no segundo excerto, almeja-se o reconhecimento da palavra "oxidação" e a sequência de fatos relacionados ao fio de cobre mergulhado em uma garrafa de álcool, liberando oxigênio e formaldeído.

Recomenda-se uma exposição dialogada do conteúdo, abordando às reações envolvendo álcoois, explicitando seus produtos, bem como a descrição do processo químico envolvido em cada uma das reações e alguns exemplos contextualizados.

Para essa aula sugere-se abordar as reações de oxidação através dos exemplos da fermentação acética e o exemplo de oxidação do álcool que ocorre no bafômetro. Para as reações de desidratação, recomenda-se abordar exemplos de desidratação intramolecular levando a formação de um alceno e a desidratação intermolecular formando como produto um éter.

As reações de combustão podem ser abordadas utilizando os exemplos da combustão completa do etanol e da gasolina nos motores dos automóveis apontando os gases poluentes derivados desse processo. Nesse momento, é imprescindível que o professor aborde a combustão incompleta do etanol, que também pode acontecer nos motores dos automóveis, formando como produto um aldeído.

Para a segunda aula deste módulo, sugere-se que o professor realize um experimento de oxidação do etanol, a partir da construção de um protótipo de bafômetro, o texto de Ferreira et al. (1997) pode ser usado como material de apoio para o professor na condução deste experimento, no material suplementar deste trabalho é possível também encontrar o roteiro experimental desta atividade.

Como atividade avaliativa, o professor pode sugerir, por exemplo, a elaboração e apresentação de um esquema comentado ou mapa conceitual com o passo a passo do experimento realizado, os dados coletados e as reações químicas de cada uma das etapas do procedimento.

6. Módulo V

Este módulo apresenta a relação do álcool com o organismo humano e os microrganismos. Espera-se alcançar os objetivos de aprendizagem relacionados à metabolização alcoólica e a ação antisséptica do álcool, abrindo espaço para debater e avaliar sobre a dependência química que o consumo excessivo de álcool pode provocar.

Recomenda-se que a primeira aula seja iniciada retomando a problemática inicial sobre as notícias de aguardente contaminada, avaliando os danos da contaminação aos consumidores. Como sugestão para a atividade inicial deste módulo, o professor deve pedir para os alunos formularem hipóteses para responder à pergunta "Por que um álcool é tão venenoso enquanto o outro é muito mais seguro?" Alguns trechos do livro (apresentados a seguir) são sugeridos para que os alunos pensem sobre as hipóteses levantadas, e as reforcem ou refutem.

Tem a ver com a química do metanol, que interage com processos metabólicos humanos. Quando as enzimas do corpo partem a molécula de metanol, além do carbono, hidrogênio e oxigênio que formam o álcool, esses átomos formam produtos de decomposição novos e mais perigosos. O detrito químico mortal consiste principalmente de formaldeído e ácido fórmico. O álcool metílico é tóxico por si só, como observou Gettler, mas o ácido fórmico é pelo menos seis vezes mais mortal. Além disso, o álcool metílico metaboliza muito lentamente, persistindo no corpo. A conversão para os "venenos mais perigosos" pode levar até cinco dias, o que significa que o consumidor de álcool de madeira pode digerir um coquetel cada vez mais letal por quase uma semana (BLUM, 2010, p. 40-41 tradução nossa).

Ao contrário do etanol (álcool de cereais) servido antes da Lei Seca, o álcool metílico (de madeira) não é facilmente decomposto no corpo. As enzimas do fígado que despacham o álcool etílico lutam com o metil. Como resultado, a versão mais venenosa permanece no sistema, atuando por mais tempo nos órgãos e metabolizando-se lentamente. E torna-se cada vez mais venenoso. (...) As pessoas envenenadas pelo álcool metílico, muitas vezes, pareciam se recuperar daquele primeiro surto de enjoos, se sentiam melhores conforme o álcool era

metabolizado, mas depois, dez a trinta horas depois, eram envenenados novamente pelos produtos dessa metabolização (BLUM, 2010, p. 162 tradução nossa).

Primeiro, a visão deles seria borrada. O nervo óptico e a retina são extremamente vulneráveis aos sais do ácido fórmico. O nervo, com seu contínuo processamento de imagens, corre em um estado metabólico alto, fazendo com que o sangue circule rapidamente através dele - o que faz com que o veneno permaneça por lá continuamente. As autópsias, frequentemente, revelavam uma atrofia surpreendente da área do nervo óptico, do tecido circundante, do corpo e do tecido esponjoso. O álcool metílico e seus subprodutos causaram danos semelhantes no córtex parietal, uma região do cérebro essencial para o processamento da visão. Concentrou-se também nos pulmões - o colapso do tecido pulmonar era o que geralmente matava pessoas (BLUM, 2010, p. 162 tradução nossa).

Quando as enzimas no fígado separam o álcool metílico, o resultado são os dois venenos de ácido fórmico e formaldeído. O álcool etílico, por outro lado, dissolve-se facilmente em ácido acético, o composto amargo, mas basicamente inofensivo, que é o constituinte primário do vinagre, e o ácido se decompõe em dióxido de carbono e água (BLUM, 2010, p. 201 tradução nossa).

A desintegração graciosa do álcool etílico significa que, em quantidades moderadas, ele geralmente metaboliza sem causar nenhum dano imediato ou sem nem chamar atenção para si mesmo. O risco aumenta, é claro, com a exposição contínua. Como a maioria dos álcoois, o etil é irritante - causando uma inflamação suficiente para induzir náuseas e vômitos. Também causa desidratação: "o álcool abstrai a água dos tecidos e precipita as proteínas", na cuidadosa fraseologia de Gettler. O consumo crônico, a irritação crônica e a desidratação podem eventualmente levar a danos a longo prazo, especialmente no fígado, que faz a maior parte do trabalho na quebra do álcool para que ele possa ser retirado do corpo (BLUM, 2010, p. 201 tradução nossa).

Como descobriram os patologistas do departamento de Charles Norris, as pessoas que consumiam álcool etílico geralmente não viviam o suficiente para desenvolver os sinais de destruição crônica do fígado. Suas autópsias revelaram danos diferentes: o estômago e o esôfago eram de um vermelho profundo e irritado; pequenas gotas de sangue modelavam o revestimento mucoso do estômago; o cérebro estava com uma aparência machucada e corado pelo excesso de sangue (BLUM, 2010, p. 201 tradução nossa).

Se um consumidor se importasse em notar, a primeira diferença entre o álcool metílico e o álcool etílico era quanto tempo o zumbido durava. Com o álcool metílico, o período de embriaguez era mais curto; a sensação de ressaca poderia vir dentro de uma ou duas horas. Se a dose fosse alta o suficiente, alguns drinques levam rapidamente a dores de cabeça, tontura, náusea, falta de coordenação, confusão e, finalmente, uma necessidade irresistível de dormir. Quando Norris chamou o metanol de veneno puro, ele não estava exagerando. A dose letal não diluída era de apenas duas colheres de chá para uma criança, talvez um quarto de xícara para um homem adulto. Essa quantidade modesta, com demasiada frequência, era um caminho direto para a cegueira, seguido por coma, seguido de morte (BLUM, 2010, p. 161-162 tradução nossa).

Nesse momento, é interessante que o professor explique aos alunos que o método de levantamento e refutação de hipóteses é muito semelhante a um dos métodos utilizados pelos cientistas e que processo é dinâmico e coletivo, como a atividade realizada.

Na sequência desta atividade sugere-se que o professor analise com os alunos os excertos do livro a fim de explicar o processo de metabolização do álcool no organismo humano. Espera-se que o professor aborde a catálise do etanol e do metanol pela enzima álcool desidrogenase (ADH), ocasionando a formação de um aldeído, que será oxidado a um ácido carboxílico, posteriormente decomposto em produtos menores, eliminados através do suor e da urina.

A partir dessa exposição inicial os alunos perceberão que os produtos formados durante a metabolização do etanol e do metanol são diferentes, nesse momento é importante que o professor explique as propriedades desses produtos e o tempo estimado para metabolização de cada um deles.

É esperado que o aluno compreenda que, ao final, que o etanol será metabolizado em água e gás carbônico, enquanto o metanol é metabolizado à ácido fórmico. Sugere-se que o professor apresente os perigos do consumo excessivo do etanol, salientando que, por mais que os produtos não sejam tóxicos, um consumo excessivo causa sobrecarga no fígado e um tempo maior de absorção do formaldeído, que é um composto tóxico para o organismo humano.

A última aula proposta para esse módulo consiste em abordar efeitos do álcool para os microrganismos. Para isso, sugere-se que o professor inicie a aula abordando a problemática atual, o uso do álcool em gel como agente desinfetante do coronavírus.

Sugere-se retomar alguns conceitos abordados em relação ao álcool isopropílico utilizado como desinfetante para equipamentos médicos através do artigo "*Importância do álcool no controle de infecções em serviços de saúde*" (SANTOS, et. al., 2002). Os alunos podem por exemplo, em um primeiro momento ser divididos em grupos e ler trechos do texto, socializando suas leituras com a turma em um segundo momento.

Outra atividade que pode complementar este módulo corresponde a discussão sobre *fake news* envolvendo o uso do álcool em gel. Nesse momento o professor pode apresentar a página da *web Saúde sem Fake News* (www.saude.gov.br/fakenews), na qual o Ministério da Saúde do Brasil aborda a importância de conhecer as fontes de uma notícia e como as *fake news* podem prejudicar o avanço científico e o reconhecimento da ciência.

Nesta plataforma podem ser explorados vídeos e textos como: *Notícia sobre a ineficiência do álcool em gel; Notícia sobre alteração no resultado do bafômetro ocasionada por álcool em gel; Notícia sobre recomendação do uso de álcool em gel 70% como método de desinfecção contra o coronavírus; Notícia sobre os perigos relacionados ao álcool em gel*, por exemplo (BRASIL, 2019).

7. Atividade Final

A atividade consiste na elaboração de uma apresentação sobre os efeitos do álcool no organismo, elaborada em grupos de alunos, no formato de vídeos, história em quadrinhos ou uma narrativa de romance policial. Se o grupo optar por realizar:

1. Vídeo: deve ser produzido com a finalidade de alertar sobre os efeitos nocivos do álcool no organismo, no qual os alunos devem usar da criatividade para elaborar a melhor apresentação e buscar a atenção do público, trazendo entrevistas com pessoas de fora da escola, por exemplo.

2. História em Quadrinhos: deve fornecer uma visão sobre os efeitos do consumo do álcool no mundo, em um país, em uma sociedade e em uma família, relacionando-os com propagandas apelativas.

3. Narrativa de romance policial deve compreender uma investigação em um engenho contaminado. Os alunos precisam criar uma introdução explicando sobre a adulteração de aguardente, seguido de um mistério que promova a curiosidade do leitor, deve-se alcançar um clímax e, por fim, resolver o mistério destacando um método experimental para a confirmação da presença de metanol na aguardente.

É interessante que essa apresentação ultrapasse os limites da sala de aula, sendo apresentada para a comunidade escolar como forma de colocar os alunos na posição de disseminadores do conhecimento no ambiente escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da SD é a sua aplicação em sala de aula, para compreender como seu conteúdo se comporta quando aplicado a um grupo de alunos. No entanto, o cenário pandêmico que vivemos atualmente não nos possibilita esse tipo de validação, tendo em vista que não podemos atuar presencialmente em sala de aula. Dessa forma, nos baseamos apenas na Etapa I da fase 2 para validar a SD proposta.

Tendo em vista a necessidade de atualizar os métodos de avaliação da SD, acrescentamos um item de análise relacionado às Competências e Habilidades propostas pela BNCC (2018), o qual busca analisar se os conteúdos, as metodologias e as atividades estão de acordo com os objetivos de aprendizagem propostos da BNCC (2018).

Tendo em vista o instrumento metodológico utilizado para a validação de uma sequência didática, bem como a análise de seus componentes através dos parâmetros avaliativos: suficiente, mais que suficiente e insuficiente como propostos por Guimarães e Giordan (2011) podemos concluir que a SD proposta atinge os princípios gerais para aplicação, atuando de maneira relevante no Ensino de Química. Além disso, por trazer temas contextualizados e diversas metodologias de ensino, contribui para o processo ativo de ensino e aprendizagem, no qual o aluno passa de intérprete a diretor no seu processo de aprendizagem.

Por fim, acreditamos que as potencialidades do livro utilizado não se esgotam com a sequência didática que propomos e que a própria sequência didática necessita ser aplicada em sala de aula para que enfim cumpra sua missão. Acreditamos também, que este trabalho é uma pequena contribuição para as discussões sobre as possíveis formas de ensinar química e promover a alfabetização científica dos estudantes tão necessária em nossa sociedade atual.

REFERÊNCIAS

BLUM, Deborah. **Deborah Blum: Investigating Science One Story at a Time**. About the Author. Disponível em: <<https://deborahblum.com/>> Acesso em: 05 mai. 2019.

BLUM, Deborah. **The poisoner's handbook**. Nova York: Penguin Press, 2010.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (**BNCC**). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Saúde sem Fake News**. Brasília, DF, 2019. Disponível em <<https://www.saude.gov.br/fakenews>> Acesso 26 jun. 2019.

CARDOSO, Arnaldo A.; MACHADO, Cristine M. D.; PEREIRA, Elisabete A. **Biocombustível, o Mito do Combustível Limpo**. QNesc. v. 28. 2008. p. 9-14. Disponível em: <<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc28/03-QS-3207.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2020

CARVALHO, Anna M. P. D. C.; PEREZ, Daniel G. **O saber e o saber fazer dos professores**. In: PIONEIRA (Ed.). Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média. São Paulo, SP: Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho, 2001. P.107-124.

CHASSOT, Attico I. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

COMPAGNON, Antoine. **Literatura para quê?** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

COSTA NETO, Pedro R.; ROSSI, Luciano F. S.; ZAGONEL, Giuliano, F; RAMOS, Luiz P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova. v. 23, n. 4. 2000. p. 531-537. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2654.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2020.

FERREIRA, Geraldo A. L.; MÓL, Gerson S; SILVA, Roberto R. **Bafômetro: um modelo demonstrativo.** QNEsc, n. 05. 1997. p. 32-33. Disponível em: <<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc05/exper2.pdf>> Acesso em 28 jun. 2020.

GUIMARÃES, Yara A. F.; GIORDAN, Marcelo. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores.** VIII ENPEC. Campinas, 2011. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0875-2.pdf> Acesso em: 06 nov. 2019.

LEACH, John, AMETLLER, Jaume, HIND, Andy, LEWIS, Jenny; SCOTT, Philip. **Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning.** In Research and Quality of Science Education (Eds. Kerst Boersma, Martin Goedhart, Onno de Jong e Harrie Eijelhof). Holanda: Springer. 2005.

LEITE, Rogério C. C.; LEAL, Manoel R. L. V. **O biocombustível no Brasil.** Novos Estudos. v. 78. 2007. P. 15-21. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/nec/n78/03.pdf>> Acesso em: 25 mai 2020.

OLIVEIRA, Edlene. A. **Destilador alternativo como instrumento de aprendizagem no ensino de química na escola de ensino médio Governador Aduauto Bezerra em Fortaleza CE.** VII ENALIC, 2018. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/pesquisainterdisciplinar/article/view/286/pdf>> Acesso 08 mai 2020.

PALCHA, Leandro S; CABRAL, Wallace A. **Literatura e Ciência: projeções possíveis nas pesquisas da área de ensino.** X ENPEC. Águas de Lindóia, SP, 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0913-1.PDF>> Acesso em: 12 mar 2019.

PRADO, Leticia; ZAMUNER, Larissa D. O.; TAVARES, Fabio. D. Sequência didática: importante aliada da prática docente. In: Congresso Online Nacional de Licenciaturas. **Anais...**, Online, 2020, sn.

PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGY CO., L.TD. **KingDraw Chemical Structure Editor.** 24 dez. 2018. Disponível em: Play Store. Acesso em: 6 jul. 2019.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. **Como é produzido o etanol?** Ciência Mundo Estranho. Superinteressante. São Paulo, 2018. Disponível em <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-produzido-o-etanol/>> Acesso 20 mai 2020.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. **Cor da chama depende do elemento queimado.** Comportamento. Superinteressante. São Paulo, 2016. Disponível em <<https://super.abril.com.br/comportamento/cor-da-chama-depende-do-elemento-queimado/>> Acesso 25 mai 2020.

RODRIGUES, Micaías A. **A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de Física.** Ciência e Educação, Bauru, v. 21, n. 3, 2015. p. 765-781.

SALLA, Diones A.; FURLANETO, Fernanda P. B.; CABELLO, Cláudio; KANTHACK, Ricardo A. D. **Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.9, p.2017-2022, set, 2010, Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v40n9/a704cr2743.pdf>> Acesso em: 25 mai 2020.

SANTOS, Adélia. A. M; VEROTTI, Mariana P.; SANMARTIN, Javier A.; MESIANO, Eni R. A. B. **Importância do álcool no controle de infecções em serviços de saúde.** Anvisa. Sec. Est. Saúde SP, SESSP-ACVSES. 2002 Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/controlo/controlo_alcool.pdf> Acesso em: 01 jul. 2020.

SILVA, H. F.; SILVA, A. B. M.; SILVA, J. L.; VIEIRA, Y. L. D. **Jogo da Memória como Metodologia de Ensino-Aprendizagem para as Funções Orgânicas.** VIII SIMPEQUI. Natal, 2010. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/simpequi/2010/trabalhos/67-7504.htm>> Acesso 02 mai 2020.

SILVA, Tainá S.; SOUZA, João J. N.; CARVALHO FILHO, José R. C. **Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química.** Experiências em ensino de ciências, v.2, n.2, 2017.

VIERNE, Simone. **Ligações tempestuosas: a ciência e a literatura.** In: CORBOZ, A. et. al. Ciência e Imaginário. Brasília: Editora da UnB, 1994. Tradução de: Ivo Martinazzo.



Revista
Ciências & Ideias

MATERIAL SUPLEMENTAR**Experimento 1 - Qual o volume final?****Materiais e reagentes.**

- 1 Recipiente alto e transparente (copo ou proveta);
- 2 Seringa;
- 3 1 colher;
- 4 Água;
- 5 Sal;
- 6 Etanol combustível;
- 7 Álcool de limpeza;
- 8 Álcool isopropílico;
- 9 Gasolina.

Procedimento

1. Adicione 5mL de água ao recipiente transparente.
2. Adicione a mesma quantia de álcool.
3. Misture com o auxílio da colher.
4. Observe o volume final.
5. Adicione sal a mistura de água + etanol combustível e água + álcool isopropílico.
6. Observe o que acontece.

Fonte: Adaptado do Instituto de Química - UFRN

Experimento 2: Destilação do etanol.**Materiais e reagentes**

- Destilador alternativo;
- Recipiente comprido para captação do líquido destilado;
- Recipiente para realizar a mistura dos solventes;
- Vela;
- Fósforo ou isqueiro;
- Proveta ou copo medidor;
- Água;
- Álcool 96%;
- Corante alimentício.

Procedimento

1. Em um recipiente, adicione 20mL de água, 2,5mL de etanol 96% e 3 gotas de corante alimentício.
2. Adicione a mistura na lâmpada do destilador alternativo.
3. Coloque o recipiente para captação do líquido embaixo da mangueira do destilador alternativo.
4. Posicione a vela embaixo da lâmpada do destilador alternativo.
5. Acenda a vela e aguarde o processo ser finalizado.
6. Após a destilação do primeiro composto, deve-se encerrar o processo. Tal composto deve ser levado até a professora, a qual realizará um teste para identificar o composto destilado.

Fonte: Adaptado de Oliveira et. al (2018).

Experimento 3: Modelo demonstrativo de um bafômetro.**Materiais e reagentes**

- 6 balões de aniversário de cores diferentes;
- 6 pedaços de tubo plástico transparente (diâmetro externo de aproximadamente 1 cm ou 3/8 de polegada) de 10 cm de comprimento;
- 2 tabletes de giz escolar;
- 6 rolhas para tampar os tubos;
- Algodão;
- Palito;
- Recipiente pequeno;
- Solução ácida de dicromato de potássio preparada previamente pelo professor;
- 0,5 mL de aguardente, é interessante utilizar pelo menos 3 marcas diferentes de aguardente para melhor visualização;
- 0,5 mL de vinho no balão;
- 0,5 mL de cerveja;

Procedimento

1. Quebre o giz em pedaços pequenos (evite que o pó de giz se misture aos fragmentos). Coloque os fragmentos de giz em um recipiente e a seguir molhe-os com a solução de dicromato, de maneira que eles fiquem úmidos, mas não encharcados.
2. Com o auxílio de um palito, misture os fragmentos de giz colorido pela solução de forma que o material fique com uma cor homogênea. Esse material (giz + solução de dicromato) não pode ser armazenado; deve ser usado imediatamente após preparado.
3. Coloque um chumaço pequeno de algodão em cada um dos seis tubos e, em seguida, coloque as rolhas do lado em que se coloca o chumaço de algodão.
4. A seguir, coloque mais ou menos a mesma quantidade de fragmentos de giz nos seis tubos.
5. Em um balão coloque 0,5 mL de aguardente. Repita o processo para todas as bebidas alcoólicas.
6. Um dos balões ficará sem bebida alcoólica, pois será o controle do experimento.
7. Encha os balões com mais ou menos as mesmas quantidades de ar e, depois, coloque os balões nos tubos previamente preparados na outra extremidade dos tubos.
8. Começando pelo balão nº 1, solte o ar vagarosamente, desapertando a rolha. Proceda da mesma forma com os balões restantes.
9. Espere o ar escoar dos balões e compare a alteração da cor nos quatro tubos.

Fonte: Adaptado de Ferreira, Mól e Silva (1997).