

Produção de sabão líquido verde: uma iniciativa para articular os princípios da Química Verde no ensino de ciências da natureza

Production of green liquid soap: an initiative to articulate the principles of Green Chemistry in Natural Sciences teaching

Producción de jabón líquido verde: una iniciativa para articular los principios de la Química Verde con la Enseñanza de las Ciencias Naturales

Recebido: 19/08/2022 | Revisado: 26/08/2022 | Aceito: 28/08/2022 | Publicado: 06/09/2022

Nadine Cavalheiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2002-9316>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: nadinecavalheiro@hotmail.com

Letícia Thais Chendynski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3041-9526>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: leticia.chendynski@ifpr.edu.br

Edneia Durli Giusti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6916-2505>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: edneia.durli@ifpr.edu.br

João Paulo Stadler

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9106-7942>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: joao.stadler@ifpr.edu.br

Sandra Inês Adams Angnes Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5379-3946>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: sandra.angnes@ifpr.edu.br

Resumo

Considerando a importância das atividades que integram a produção de sabão com matéria graxa residual, as relações com o meio ambiente e conceitos científicos de Química e Biologia, apresenta-se um protocolo “verde” para a produção de sabão líquido ecológico, que permite explorar os 12 princípios da Química Verde como forma de possibilitar sua integração no processo de ensino e aprendizagem de Ciências da Natureza. Neste sentido, é indicado a consideração de requisitos importantes para pensar atividades teórico-práticas nessa perspectiva: evidenciar os riscos físicos, ambientais e a saúde dos reagentes e produtos envolvidos na fabricação de sabões e determinar o índice de saponificação da gordura residual para evitar excesso de soda cáustica. Ainda, orienta-se a avaliação da veracidade química do procedimento segundo as métricas holísticas e as métricas de massa da Química Verde. Por fim, apresenta-se uma proposta de articulação da Química Verde na Educação Básica, que podem ser desenvolvidos por meio dos três momentos pedagógicos. De modo geral, as ações práticas apresentadas nesse artigo, reforçam a importância do pensamento crítico em torno do tema Química Verde e sustentabilidade articulada ao Ensino das Ciências da Natureza.

Palavras-chave: Sabão ecológico verde; Métricas holísticas; Métricas de massa; Ensino de química verde.

Abstract

Considering the importance of activities that integrate soap production, residual grease and the relations with environmental issues and scientific concepts of Chemistry and Biology, a “green” protocol for ecological liquid soap production is presented, which allows exploring the 12 principles of Green Chemistry as a way of enabling its integration in the teaching and learning process of Natural Sciences. In this sense, it is recommended to consider important requirements to think about theoretical-practical activities in this perspective: to highlight the physical, environmental and health risks of the reagents and products involved in the manufacture of soaps and to determine the residual fat saponification index to avoid excess of caustic soda. Still, the evaluation of the chemical greenness of the procedure is guided according to Green Chemistry holistic metrics and the mass metrics. Finally, a proposal for articulation of Green Chemistry in Basic Education is presented, which can be developed through the three pedagogical moments methodology. In general, the practical actions presented in this article reinforce the importance

of critical thinking around the theme Green Chemistry and sustainability articulated to the Teaching of Natural Sciences.

Keywords: Green ecological soap; Holistic metrics; Mass metrics; Green chemistry teaching.

Resumen

Considerando la importancia de las actividades que integran la producción de jabón, la grasa residual y las relaciones con las cuestiones ambientales y los conceptos científicos de la Química y la Biología, se presenta un protocolo “verde” para la producción de jabón líquido ecológico, que permite explorar los 12 principios de la Química Verde como una forma de posibilitar su integración en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. En este sentido, se recomienda considerar requisitos importantes para pensar las actividades teórico-prácticas en esta perspectiva: resaltar los riesgos físicos, ambientales y para la salud de los reactivos y productos involucrados en la fabricación de jabones y determinar el índice de saponificación de grasas residuales. para evitar el exceso de sosa cáustica. Aun así, la evaluación del verdor químico del procedimiento se guía de acuerdo con las métricas holísticas de Química Verde y las métricas de masa. Finalmente, se presenta una propuesta de articulación de la Química Verde en la Educación Básica, que puede ser desarrollada a través de la metodología de los tres momentos pedagógicos. En general, las acciones prácticas presentadas en este artículo refuerzan la importancia del pensamiento crítico en torno al tema Química Verde y sustentabilidad articuladas a la Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Palabras clave: Jabón verde ecológico; Métricas holísticas; Métricas de masa; Enseñanza de la química verde.

1. Introdução

Algumas iniciativas de articulação da Química Verde (QV) ao ensino das Ciências da Natureza vêm sendo apresentadas com mais frequência em Universidades, como a elaboração de projetos científicos com metodologias de pesquisa a serem desenvolvidas em laboratório (Sandri & Santin Filho, 2019). Contudo, entendemos que a abordagem da temática ainda não alcançou o seu auge, pois continua sendo pouco utilizada, tendo em vista, poucos relatos em trabalhos publicados sobre o emprego da QV no ensino, em particular na Educação Básica.

Sabe-se que um dos grandes desafios da QV na atualidade, é diminuir os impactos causados pelos resíduos químicos que são rejeitados no meio ambiente. Este é um longo e trabalhoso caminho a ser seguido, que pode ser apresentado de forma a sensibilizar os estudantes da Educação Básica e do Ensino Superior.

Neste cenário, tem-se visto a inserção da QV principalmente nas indústrias, como uma maneira de amenizar os problemas ambientais e socioeconômicos enfrentados atualmente. Entretanto, apesar dessas iniciativas, é preciso profissionais que já estejam familiarizados com os procedimentos da QV para atuar nesses locais. Diante disso, acreditamos ser possível formar cidadãos e profissionais mais conscientes, com capacidade de se adaptar as exigências cada vez mais frequentes do mercado de trabalho, ou seja, pessoas mais comprometidas com as questões ambientais. Essas iniciativas podem partir da escola, sem prejuízos aos componentes curriculares e seus conteúdos específicos, uma vez que é possível articular os conceitos científicos com questões socioambientais. No contexto do Ensino Superior, espera-se subsidiar a formação de futuros químicos e profissionais de áreas correlatas que sejam capazes de contribuir de forma proeminente na prevenção da poluição, por meio do desenvolvimento de processos químicos mais ecológicos e produtos mais seguros.

Quando se trata da inserção da QV no currículo, Duarte, Ribeiro e Machado (2015), ressaltam que seu o ensino deve ser incentivado e desenvolvido tão cedo quanto possível, de modo a possibilitar a formação cidadãos conscientes dos problemas ambientais e capazes de criar soluções ambientalmente sustentáveis e cientificamente fundamentadas. Para isso, uma possibilidade consiste em explorar procedimentos práticos em articulação com os princípios da QV, antes de serem postos em prática, para que se possa trabalhar de forma segura e preventiva, a partir da reflexão dirigida pelos 12 princípios da QV, em função de determinada situação de estudo experimental (Quadro 1).

Quadro 1: Princípios da Química Verde que devem ser avaliados em determinada situação de estudo experimental.

Princípios	Tipos de Situação		
	<i>Desenvolvimento de processos</i>	<i>Sínteses laboratoriais</i>	<i>Atividades não reativas</i>
P1: Prevenção	X	X	X
P2: Economia atômica	X	X	
P3: Síntese produtos seguros	X	X	
P4: Produtos mais seguros	X		
P5: Substâncias auxiliares	X	X	X
P6: Eficiência energética	X	X	X
P7: Matérias-primas renováveis	X	X	X
P8: Evitar formação de derivados	X	X	
P9: Catálise	X	X	
P10: Planificação da degradação	X	X	X
P11: Análise a tempo real	X		
P12: Química intrinsecamente mais segura	X	X	X

Fonte: Adaptado de Machado (2014).

Como visto no Quadro 1, os princípios da QV servem como guia para a análise, planejamento, otimização e desenvolvimento de produtos e processos considerando a conservação de recursos naturais e a prevenção de acidentes. No entanto, dado que a aferição da verdura química é bastante complexa e exige quantificação, é indicado, na medida do possível, avaliar o mesmo processo por meio de métricas variadas. Tais métricas podem ser agrupadas, em métricas de massa, métricas ambientais e métricas holísticas (Machado, 2014; Duarte et al., 2015).

De acordo com Anastas e Kirchhoff (2002), Sandri e Santin Filho (2019) e Costa (2011) estudantes de todos os níveis de ensino podem ter contato e pensar com base na filosofia e na prática da QV. E, para estes autores, a experimentação é uma excelente alternativa para estudo e discussão das métricas da QV nas mais diversas etapas de escolarização, pois dessa forma, os alunos têm maior potencial de compreender, na prática, a importância de reduzir ou eliminar o uso e produção de substâncias perigosas à saúde e ao ambiente.

Importante destacar que as métricas de massa, economia atômica (EA) e fator E (FE), além de serem empregadas nas indústrias, também podem ser utilizadas no contexto do ensino, sendo determinadas da mesma forma, por cálculos estequiométricos, a partir das reações químicas ou a partir dos dados obtidos no laboratório durante a execução do experimento (Costa, 2011). A economia atômica e o fator E permitem avaliar os princípios 1 e 2 da QV, mostrando a necessidade da análise de rotas sintéticas, antes mesmo de serem postas em prática, para um desenho de síntese mais verde contribuindo inclusive com melhorias no rendimento do produto.

Seguindo esse pensamento, os professores podem buscar conhecimentos que qualifiquem sua metodologia de ensino, para enriquecer os conteúdos abordados de maneira articulada aos conceitos da QV. Nesse sentido, no Quadro 2, apresenta-se alguns trabalhos que empregam as métricas holísticas em atividades de ensino que são planejadas para desenvolvimento no Ensino Médio. Os dados apresentados no Quadro 2, mostram que a busca por alternativas sustentáveis na área química impulsiona cada vez mais a QV para dentro da sala de aula, fazendo com que professores busquem atividades que relacionem as métricas de verdura com suas aulas, principalmente em atividades experimentais, permitindo maior interação dos alunos.

De forma geral, como pode ser visto no Quadro 2, os trabalhos que vem sendo realizados mostram que as métricas holísticas são utilizadas para realizar análise de verdura dos experimentos, contribuindo para a melhoria das rotas experimentais, tornando-as mais verdes e sua utilização em aulas experimentais possibilita apresentar os 12 princípios da QV para os alunos e correlacioná-los à Química de uma forma contextualizada.

Quadro 2: Exemplos atividades com o emprego das métricas da Química Verde.

Métricas	Abordagem	Título do Trabalho	Metodologia
Matriz Verde Círculo Verde	Experimental	Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos	Adaptação de Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançado para a degradação do corante amarelo de tartrazina, para reprodução em aulas de Ensino Médio. Os autores usaram a Matriz Verde e Círculo Verde para avaliação de verdura do processo. Os experimentos foram adaptados sendo possível utilizar materiais de fácil aquisição e baixo custo (SANTOS et al., 2021).
Matriz Verde	Teórico	Estudo sobre os conceitos da química verde numa escola de ensino médio e técnico integrado	Este trabalho apresenta os resultados de um projeto de iniciação científica desenvolvido por alunos de uma escola pública de Ensino Médio e Técnico Integrado, no qual foram estudados conceitos da Química Verde na perspectiva CTS. Este trabalho contribuiu para a inserção do tema no Ensino Médio, mostrando sua viabilidade e pertinência cada vez mais cedo nas escolas. (BRANDÃO et al., 2019).
Matriz Verde Estrela Verde	Experimental	Aplicação das métricas holísticas da química verde em experimentos químicos	Elaboração de experimentos com mudanças necessárias de acordo com a química verde e em seguida, foi realizado o estudo das métricas holísticas. As métricas holísticas foram fundamentais quando foi avaliada a verdura dos processos químicos. A utilização dessas métricas no ensino da química permitiu criar situações para utilização dos princípios da QV, melhorando a sua compreensão e permitindo aumentar a verdura de determinada reação, quando se fazem alterações necessárias após a análise correta dessas métricas. (ALMEIDA et al., 2020).
Estrela Verde	Teórico	Experimentos verdes em química orgânica: uma proposta de aplicação do método da Estrela Verde para o curso Técnico em Química	Neste trabalho foi realizado a elaboração de um produto educacional como objetivo de inserir os princípios da QV na formação de técnicos em química de nível médio. Durante as aulas os estudantes aprenderam a utilizar a métrica holística da Estrela Verde para construir um gráfico que possibilita a análise de experimentos tendo em vista os 12 Princípios da QV. A sequência didática foi desenvolvida em sala de aula e a produção escrita dos estudantes foi analisada a partir da Análise Textual Discursiva. De acordo com Melo (2019) foi possível inferir que houve progressão na compreensão dos conceitos da Química Verde.

Fonte: Autores.

Além da articulação com a experimentação, a QV pode ser abordada de maneira teórica, utilizando ferramentas didáticas que auxiliem na sua contextualização. Trabalhos como o de Magela, Oliveira e Silva (2016) e Sandri e Santin Filho (2019), vêm sendo desenvolvidos para apresentar as métricas de verdura em experimentos para serem aplicados no ensino, buscando melhorias nas rotas experimentais, com preocupação em formar cidadãos socialmente conscientes dos impactos que atividades experimentais podem causar ao meio ambiente. Magela, Oliveira e Silva (2016) destacam que em aulas experimentais, materiais e reagentes são utilizados, consumidos, produzidos e descartados. Dentre eles, alguns podem ser classificados como de risco e devem ser descartados corretamente. Sandri e Santin Filho (2019) buscam construir possíveis modelos de abordagem da QV no ensino, destacando a importância de conhecer plenamente os princípios da QV para que seja possível compreender criticamente a QV de modo a articulá-la com a prática social, pois é necessário dominar de forma conceitual e procedimental os princípios da QV. Alcançar a dimensão abrangente envolve um percurso que é gradativa e continuamente construído e que, inevitavelmente, levará a embates entre o saber e o saber-fazer, para que talvez se torne um novo saber-ser dentro das práticas químicas e, notadamente, no seu ensino (Sandri & Santin Filho, 2019).

É importante dar atenção ao que Sandri e Santin Filho (2017) alertam: tornar um experimento verde seguindo a QV vai além de apenas substituir reagentes ou reduzi-los, é preciso realizar uma avaliação sistemática dos experimentos propostos, evitando o “falso verde” como é chamado por Machado (2014). Assim sendo, os autores citam a importância de inserir os conhecimentos de QV na formação inicial e continuada de professores, abordando como sua filosofia, métricas e as relações com a Educação Ambiental e o enfoque CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente).

Uma situação concreta que como ser utilizada nesse enfoque é a degradação ou a modificação dos óleos durante o processo de fritura resulta de um complexo conjunto de reações químicas como a de oxidação pelo oxigênio, a polimerização e a hidrólise. A oxidação é causada pela reação do oxigênio com o óleo e formação de álcoois, ácidos carboxílicos e outros

subprodutos. A velocidade de oxidação depende da temperatura, esse fator pode ocasionar o aparecimento de espuma no óleo, odor e sabor de ranço. O efeito da alta temperatura empregada no processo de fritura propicia reações de polimerização, ocasionando a formação de moléculas de amplas dimensões (polímeros). Já a hidrólise ocorre devido a liberação de água pelos alimentos, convertendo os triglicerídeos e diglicerídeos ou monoglicerídeos, que são considerados ácidos graxos gordos (Albino, 2016; Rios et al., 2013).

Em função dessas características, o óleo de fritura não deve ser reutilizado muitas vezes, pois pode trazer malefícios para a saúde, e então o seu descarte acaba sendo comum no cotidiano e muitas vezes de forma incorreta, podendo gerar graves problemas ambientais. De acordo com Weyer e Nora (2015), apesar de o óleo residual representar uma porcentagem pequena do resíduo doméstico produzido, seu impacto ambiental é grande, representando o equivalente da carga poluidora de 40.000 habitantes por tonelada de óleo despejado em corpos d'água. Apenas um litro de óleo é capaz de esgotar o oxigênio de até 20 mil litros de água, formando, em poucos dias, uma fina camada sobre uma superfície de 100 m², o que bloqueia a passagem de ar e luz, impedindo a respiração e a fotossíntese. Problema maior que o descarte inadequado do óleo de cozinha no ambiente é a falta de informação e de conscientização da população sobre as consequências desta atitude (Weyer & Nora, 2015). Ainda, segundo Lopes e Baldin (2009) e Nunes et al. (2018), a decomposição do óleo residual de cozinha no meio ambiente produz gás metano, que é emitido na atmosfera, um dos maiores causadores do efeito estufa, depois do dióxido de carbono e da água (Baird, 2011).

Óleos, graxas residuais, hidrocarbonetos e detergentes, quando em excesso no ambiente podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, ocasionando a eutrofização da água e interferindo no tratamento de águas residuais, por exemplo (Bortoluzzi, 2011). Uma vez no ambiente, os óleos e graxas podem ser tratados utilizando diversas tecnologias de tratamento que são baseadas na separação física, absorção, oxidação química e decomposição biológica (Waelkens, 2010). No entanto, algumas dificuldades podem ser encontradas, como citado por Durlí (2007), no tratamento biológico anaeróbio de efluentes com excesso de óleos e graxas, pois nesse cenário, a degradação de lipídeos é uma etapa limitante uma vez que possuem pouca biodegradabilidade, devido à sua baixa disponibilidade. Para a minimização desses problemas, podem ser aplicados processos enzimáticos que utilizam lipases para redução da concentração de lipídeos contidos em efluentes com carga orgânica elevada, mas o que dificulta sua aplicação é o alto custo das enzimas (Durlí, 2007).

Como o óleo residual de fritura é um resíduo produzido frequentemente, saber a forma correta de destinação é essencial, impedindo que vários problemas já citados anteriormente venham a ocorrer. Segundo Novaes, Machado e Lacerda (2014), não há um descarte ideal para óleos e graxas, mas existem alternativas de reaproveitamento como matéria-prima na produção de resina para tintas, sabão, detergente, amaciante, sabonete, glicerina, ração para animais, biodiesel, lubrificante para carros, máquinas agrícolas e outros.

As alternativas de reaproveitamento podem seguir sínteses verdes, para que na fabricação de produtos utilizando o óleo residual, não sejam formados ainda mais resíduos advindos dos reagentes auxiliares. Por esse motivo, a QV pode ser empregada na otimização do processo de reutilização do óleo residual de cozinha, para que haja uma formulação adequada na quantidade de reagentes, e assim, evitar a produção de resíduos juntamente com os produtos finais. Neste cenário, principalmente nos últimos anos, muitos trabalhos vêm sendo publicados sobre a produção de sabão ecológico (Silva et al., 2013; Pereira et al., 2015; Enedino, 2017; Mello et al., 2019; Schaffel et al., 2019; Plácido, 2020; Neves et al., 2020; Amorim, 2021), sugerindo o reaproveitamento do óleo residual de frituras, que é um grave agente poluente ao ambiente.

Amorim (2021) propõe a produção de sabão por meio de uma oficina, buscando promover a aprendizagem significativa de conteúdos químicos, em especial da QV, de maneira a formar estudantes conscientes de seus papéis sociais. Mello et al. (2019) avaliaram a produção de sabão com 50% de sebo e 50% de óleo residual de fritura, utilizando as métricas de massa e as métricas holísticas. Além disso, apresentam uma abordagem CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente)

para articulação da QV no ensino. Já Schaffel et al. (2019) trabalharam na prática com a produção de sabão e verificação do índice de limpeza, o pH, a alcalinidade livre e ácidos graxos totais, aplicando os princípios da QV.

Além disso, existem vários trabalhos, que exploram a produção de sabão ecológico no ensino de química, biologia e até mesmo outras áreas correlatas nas escolas ou para a comunidade, que exploram a sustentabilidade e questões voltadas ao meio ambiente, a fim de contribuir com a amenização de problemas ambientais e para uma formação cidadã mais consciente de seus atos, capaz de refletir frente as suas ações e implicações no meio em que vive. Por exemplo, Silva et al. (2013), Enedino (2017) e Neves et al. (2020) buscaram explorar questões socioambientais como as consequências do descarte inadequado do óleo e, a promoção e a prevenção da poluição por meio da produção do sabão reutilizando o óleo residual de fritura, visando, auxiliar na formação crítica dos estudantes.

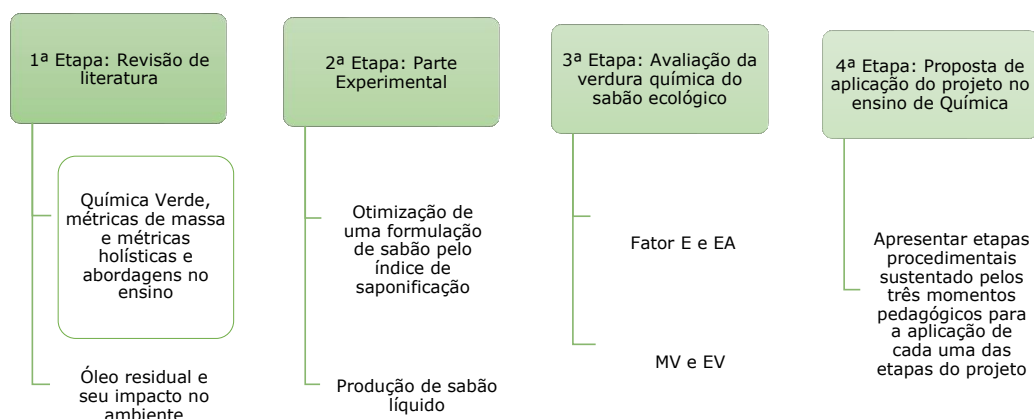
Visto isso, compreende-se que mesmo a QV não sendo abordada de forma profunda em grande parte dos trabalhos voltados ao ensino, muitas vezes ela está inserida implicitamente em temas voltados a sustentabilidade, uma vez que ambas se correlacionam pela demanda de um planeta sustentável. De acordo com Ferreira, Rocha e Silva (2013), a sustentabilidade aparece como sendo uma cadeia de ações, devendo ser pensada e executada, elevando os padrões ambientais, econômicos e sociopolíticos da sociedade, caso contrário teremos uma sustentabilidade “pintada de verde”. Partindo dessa ideia, a QV vem para auxiliar no processo de sustentabilidade ambiental, contribuindo para resolver problemas graves que afetam a humanidade (Ferreira, Rocha & Silva, 2013), tratando da prevenção dos riscos, metodologias químicas e planejamentos da ação para a criação, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas (Anastas & Warner, 1998; Souza et al. 2020).

Neste sentido, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia com enfoque teórico-experimental para a produção de sabão ecológico líquido otimizado, com sugestão de uma intervenção pedagógica para abordar os princípios da QV no Ensino de Química por meio dos três momentos pedagógicos, com base na problematização sobre os impactos do óleo residual de fritura ao meio ambiente.

2. Metodologia

As atividades aqui propostas foram desenvolvidas em quatro etapas (Figura 1): (1) Revisão de literatura narrativa no Google Acadêmico para compreender a articulação da Química Verde e o ensino de ensino de Ciências, cujo resultado está apresentado no Quadro 2, de forma a sustentar a fundamentação teórica; os problemas ambientais causados pelo óleo residual de fritura; e, possibilidades de reaproveitamento deste óleo em processos otimizados para produção de sabão ecológico; (2) Estudos e atividades experimentais envolvendo a otimização da formulação de sabões partindo da determinação do Índice de Saponificação de acordo com Borsato, Moreira e Galão (2004); (3) Para a construção da Estrela Verde, as pontuações dos princípios foram introduzidas em uma folha Excel programada que traça automaticamente a estrela num gráfico de tipo radar que pode ser acessada pelo link http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev. Para a construção da Matriz Verde, seguiu-se o protocolo de Machado e Ribeiro (p. 1879-1883, 2012); (4) Apresentar uma metodologia de ensino por meio dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) para incentivar as etapas procedimentais apresentadas neste artigo.

Figura 1: Esquema das etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Autores.

Em consideração à quarta etapa apresentada na Figura 1, é relevante destacar que o uso da experimentação problematizadora de forma investigativa traz contribuições importantes na aprendizagem por se tratar de formar a consciência do educando referente ao seu papel na sociedade, uma vez que discute o desenvolvimento da Ciência (Lima & Silva 2020). Deste modo, elaborou-se um plano de ação sustentado pelos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), que são estruturados em três passos: Problematização Inicial; Organização do Conhecimento e Aplicação do conhecimento. Estes passos estão descritos em detalhes no planejamento do Quadro 7 a 9, no item Resultados e Discussões. Os Três Momentos Pedagógicos vêm auxiliando no trabalho de diversos autores (Lima et al., 2019; Bonfim, Costa & Nascimento, 2018; Abreu, Ferreira & Freitas, 2017), que descrevem sua articulação principalmente em aulas da área de física e química, e sua busca em formar cidadãos críticos através de inovações didáticas.

3. Resultados e Discussão

A otimização da formulação de sabão foi realizada por meio do índice de saponificação com adaptação da fórmula clássica de produção de sabão proposta por Borsato et al. (2004), reduzida para escala laboratorial (Quadro 3, coluna 1). Na segunda coluna do Quadro 3, está a fórmula adaptada para sabão líquido, com a substituição do sebo por óleo residual de fritura e valor obtido para índice de saponificação (IS).

Quadro 3: Formulações do sabão em barra tradicional e com modificações.

Formulação do Sabão em Barra Tradicional	Formulação do sabão Ecológico Líquido
600 mL de água em temperatura ambiente	600 mL de água em temperatura ambiente 15 L de água fervente
200 g de hidróxido de sódio 99 %	201,43 g de hidróxido de sódio 99 %
860 mL de etanol	860 mL de etanol
1.080 g sebo	1.080 g óleo residual
(IS teórico) 185 mg de hidróxido de sódio para 1g de matéria graxa	186,51 ± 2,15

Fonte: Adaptado de Borsato, Moreira e Galão (2004).

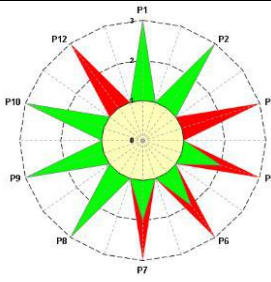
Considerando as formulações descritas no Quadro 3, é interessante mencionar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 (Brasil, 1999) prevê o emprego de 189-195 mg de

base para neutralização de 1 grama de óleo, enquanto para o sebo (gordura animal) um índice de saponificação entre 193 e 202 mg.g-1. O índice de saponificação mais baixo obtido para o óleo residual (186,51 mg.g-1) se deu provavelmente pela presença de subprodutos insaponificáveis oriundos da decomposição do óleo residual durante o processo de frituras e contaminantes não saponificáveis.

Quando se trata do controle do índice, além de evitar desperdícios, de acordo com a ANVISA (Brasil, 1999), também proporciona um pH entre 9 e 10,4 com redução de danos a pele, como reações alérgicas e queimaduras severas e diminuição de danos aquáticos, uma vez que a maioria das espécies aquáticas não toleram pH na faixa de 12 a 14 em qualquer tempo. Um elevado pH também pode causar a liberação de sais metálicos, como o alumínio, que poderá contribuir igualmente para a toxicidade exposta. Os resultados desse índice fortalecem a importância de sua determinação para evitar excessos de hidróxido de sódio e garantir a saponificação total da gordura no processo de fabricação de sabões. Pois, é necessário ter em mente que matérias graxas de diferentes origens, mudam sua composição, em consequência disso, o grau de saponificação também varia, principalmente quando se reaproveita matéria graxa proveniente de processos de frituras. Por isso, Mello et al. (2019) consideram que a formulação dos sabões deve ser readequada toda vez que se tem matéria prima de origem diferente.

Além disso, é preciso considerar que, quando se emprega matéria graxa in natura, e não é possível determinar o índice de saponificação experimental, pode-se utilizar o grau de saponificação reconhecido pela literatura (Ramos, 2009), como fator de correção, multiplicando-se este índice pela massa em gramas de gordura que será empregada no processo, que por fim dará a massa de soda cáustica necessária para a produção de sabão. Todavia, corre-se o risco de trabalhar com algum excesso na formulação ou por vezes a saponificação não ocorrer por completo. No Quadro 4, mostra-se a avaliação qualitativa de veracidade do procedimento de formulação do sabão ecológico após a sua otimização pelo índice de saponificação, com vistas a verificar o atendimento ou não dos 12 princípios da Química Verde.

Quadro 4: Análise externa da Matriz Verde com Pontos Fortes e Fracos da Produção de Sabão Líquido Ecológico.

Princípio	Ponto Forte	Ponto fraco
P1	Não há formação de resíduo no produto final com riscos à saúde, ambiente ou físicos (Fator E 0%)	
P2	Não há excesso de reagentes e não há formação de coprodutos. Ou seja, todos os reagentes são totalmente incorporados na formulação final (EA 100%)	
P3		O hidróxido de sódio tem risco elevado para a saúde e moderado para o meio ambiente, e o etanol tem risco moderado para a saúde
P4	Não se aplica	
P5		Utiliza-se como solvente auxiliar etanol com risco moderado para a saúde
P6		Uso de água em ebulição para diluição do sabão e produção de sabão líquido.
P7		Apesar do etanol e o óleo vegetal serem renováveis, o NaOH não é renovável
P8	Não se faz uso de bloqueadores	
P9	Não são usados catalisadores	
P10	O sabão é biodegradável e inócuo	
P11	Não se aplica	
P12		A manipulação da soda cáustica tem riscos à saúde
Estrela Verde (Índice de preenchimento: 65%)		

Fonte: Autores.

Observando o Quadro 4, evidencia-se que os pontos fracos foram atribuídos após verificação dos perigos das substâncias nas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) e no Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). Além dos riscos à saúde, os riscos ambientais e os riscos físicos, também foram levantadas informações sobre a renovabilidade e a biodegradabilidade dos reagentes e do produto da reação de saponificação. Para a construção da Estrela Verde se utilizou as mesmas informações, com comparação das pontuações quanto ao grau de riscos contidos no regulamento (EC) N°1272/2008, disponível em http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev.

A Matriz Verde (Quadro 4) mostra que na avaliação de 10 princípios, ao total seis princípios foram considerados pontos fortes da QV (P1, P2, P6, P8, P9, P10), quatro princípios da QV fracos (P3, P5, P7, P12) e o P4 e P11 não se aplicam a análise laboratorial de acordo com o proposto por Machado (2014), pois envolvem processos industriais. Ainda, Estrela Verde (vide Quadro 4) mostra um índice de preenchimento de 65%, com atendimento integral de seis princípios (P1, P2, P8, P9, P10), assim como na MV. Os P5, P7 foram atendidos parcialmente na EV e não atendidos na análise MV. Os P3 e P12 não foram atingidos, assim como na análise da MV. E, por fim, o P6, que trata da conservação de energia não atendido na MV e parcialmente na EV (Quadro 5).

Quadro 5: Análise comparativa dos resultados da análise da verdura.

Análise dos princípios	Matriz Verde	Estrela Verde
Atendido	P1, P2, P6, P8, P9, P10	P1, P2, P8, P9, P10
Parcialmente atendido	-	P5, P6, P7
Não atendido	P3, P5, P6, P7 e P12	P3 e P12

Fonte: Autores.

Ao comparar os resultados da Matriz Verde com os da Estrela Verde (Quadro 5), o P5, P6 e o P7 foram considerados pontos fracos na primeira e em contrapartida, parcialmente atingidos na segunda. Isso se deve pelo fato de que a Matriz Verde possibilita uma análise qualitativa interna mais profunda do procedimento que está sendo posto em prática, com previsões externas que oportunizam melhorar a verdura experimental, não havendo possibilidade de análise parcial de um princípio assim como no caso da Estrela Verde. Em contrapartida, com o uso dessa métrica, se faz uma análise semiquantitativa para apresentação da verdura em forma de gráfico, apesar disso, ambas se complementam.

Assim, a Estrela Verde facilita a visualização dos resultados experimentais graficamente, sendo assim, ao realizar a análise dos critérios do processo de saponificação, nota-se que o P7 foi parcialmente atendido, aceitando verdura química parcial quando há ao menos uma substância renovável, no caso do etanol. Enquanto na Matriz Verde, este princípio não foi atendido pelo fato de que a saponificação necessita de soda cáustica, uma substância não renovável que condena a sua verdura neste critério. No Quadro 6 apresenta-se a análise externa do procedimento.

Quadro 6: Apresentação das dimensões da análise externa.

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">- Sempre reaproveitar matéria graxa residual de frituras, como para a produção de sabões;- Substituir parte da soda cáustica por cinzas ou substituição total;- Uso de equipamentos (óculos, luvas) e roupas de proteção para evitar danos a pele e olhos (FREITAS, 2018);- Produzir sabão cremoso sem álcool;- Substituição do sebo na fórmula A1 por 50% de óleo residual, visando a produção de um sabão com maior dureza e reaproveitamento do óleo de frituras;- Antes de qualquer formulação, quando possível, calcular IS da matéria graxa a ser utilizada de acordo com (BORSATO, MOREIRA E GALÃO, 2004).	<ul style="list-style-type: none">- Uso de substâncias alcalinas.

Fonte: Autores.

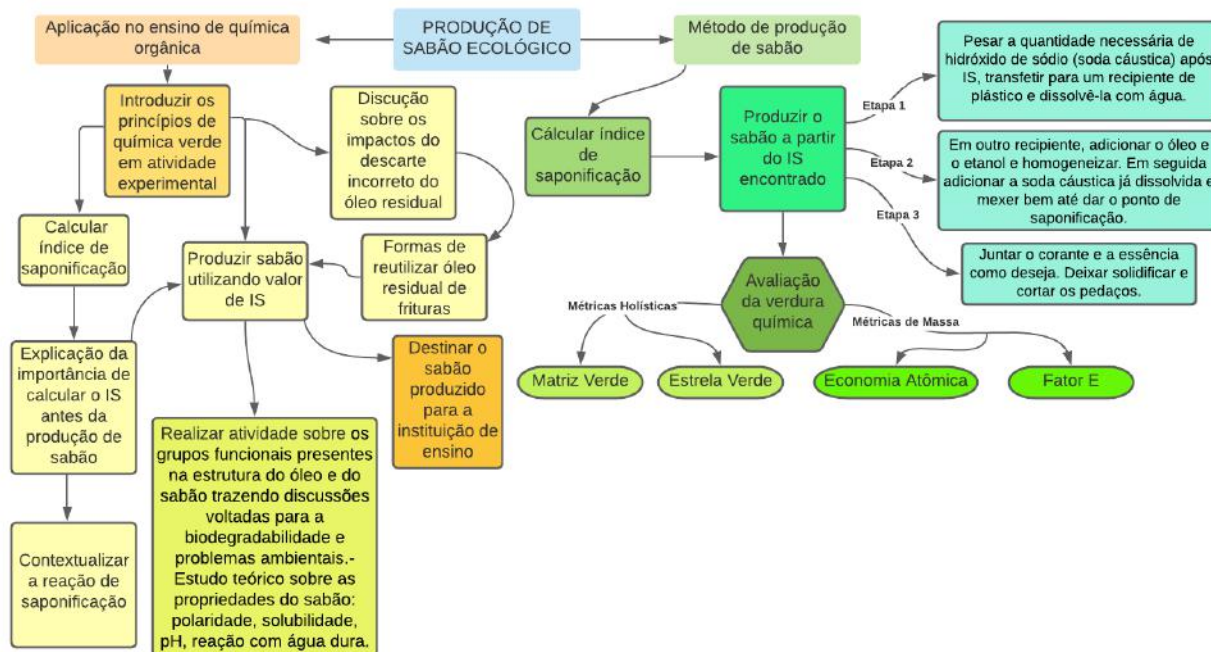
A análise externa, apresentada no Quadro 6, indica que substituir uma parte ou todo o hidróxido de sódio por cinzas de madeira e a não utilização de etanol atenderia ao menos 9 princípios da QV, considerando que o P6 não seria totalmente atendido, uma vez que o processo de saponificação deverá ser realizado a quente.

De maneira geral, as métricas holísticas contribuem muito para a análise de verdura química do sabão, principalmente a Matriz Verde, que possibilita analisar o experimento antes mesmo de realizá-lo e ainda apontar melhorias, para que se torne o mais verde possível. Já a Estrela Verde possui algumas limitações, pontuadas por Costa (2011): não reflete o fato de uma atividade ser ou não realizada a microescala; não permite distinguir uma experiência em que todas as substâncias são perigosas de uma outra em que apenas uma das substâncias envolve riscos; e, não tem em conta a quantidade de resíduos formados, o que pode ser preenchido com a utilização concomitante a Matriz Verde e as métricas de massa.

Considerando o objetivo de propor possibilidades para explorar os princípios da Química verde a partir da produção de sabões, em especial na educação formal, apresenta-se um esquema que visa evidenciar como processo de produção de sabão ecológico pode ser articulado com o ensino de Química Orgânica. Nesse sentido, estudo ser transposto para a sala de aula,

sugere-se alguns momentos de estudo (Figura 2) que podem ser seguidos e readequados conforme necessidade do professor.

Figura 2: Interrelações entre os conceitos de Química Orgânica e o processo de produção de sabão ecológico.



Fonte: Autores.

Cada etapa apresentada na Figura 2 tem como objetivo propor a contextualização dos princípios da QV com processo de produção de sabão ecológico. No primeiro momento, o professor pode problematizar o tema com a discussão dos problemas ambientais que o descarte inapropriado do óleo residual desencadeia. Essa problematização pode promover discussões e reflexões para alternativas de reaproveitamento do óleo residual de fritura. Também pode fazer parte desse momento, a compreensão da necessidade de pensar processos mais sustentáveis, remetendo aos princípios da QV.

Ao final das discussões, caso não tenha emergido das falas, sugere-se a apresentação da possibilidade da utilização do óleo residual doméstico para a produção de sabão. Ainda, é interessante que o óleo a ser utilizado nas atividades experimentais possa ser levado para escola/universidade pelos estudantes ou até mesmo óleo residual gerado nestas instituições, como forma de aproximar a solução do cotidiano dos estudantes.

Na etapa de organização do conhecimento, os estudantes, sob orientação e supervisão do professor podem determinar o índice de saponificação para o óleo residual de cozinha coletado. Com base nesse dado, é possível iniciar a produção de sabão em barra, utilizando todos os EPIs necessários para a segurança dos alunos. Se a escola não tiver um laboratório, essa produção deve ser realizada em um ambiente arejado, até mesmo no pátio da instituição de ensino.

Ao terminar a produção de sabão, que pode ser disponibilizado para uso da limpeza do estabelecimento, sugere-se trabalhar conceitos teóricos da Química, como: grupos funcionais dos reagentes empregados na formulação do sabão e suas mudanças após a reação química, reação de saponificação e, o mecanismo da reação explorando as teorias ácido-base. Por fim, destacar as propriedades do sabão, a polaridade e a capacidade de formação de micelas, a tensão superficial da água e o poder de limpeza do sabão bem como o seu comportamento na presença de água dura. Neste momento, o professor poderá fazer o uso da experimentação para demonstrar a tensão superficial da água e a diferença entre sabões e detergentes na presença de água com íons cálcio.

Então, como aplicação do conhecimento, o professor poderá auxiliar o estudo exploratório dos princípios da QV por

meio das métricas da Matriz Verde e da Estrela Verde para evidenciar o atendimento ou não destes princípios durante o processo desenvolvido anteriormente, de forma a propor melhorias e as limitações da verdura química. Assim, os estudantes poderão apresentar propostas de aperfeiçoamento de formulações pesquisadas por eles ou desenvolvidas na família, contemplando os princípios da QV.

Uma possível abordagem sobre a QV e a produção do sabão ecológico descritos no fluxograma da Figura 2 pode ser realizada por meio dos três momentos pedagógicos, conforme plano de ação descrito no Quadro 7 a 9. O quadro 7 apresenta uma sugestão de planejamento do momento de problematização inicial com o objetivo de: sensibilizar os estudantes sobre o descarte de óleo residual de fritura; problematizar os impactos do descarte incorreto do óleo residual de fritura; e questionar os educandos sobre possibilidades para reutilização do óleo de frituras e relações com a QV.

Quadro 7: Planejamento do primeiro momento: Problematização inicial.

Atividade	Encaminhamento metodológico	Recursos Didáticos
Sondagem dialogada	Questionamentos, sobre o que os alunos sabem sobre o descarte de óleo residual de fritura.	Computador e projetor
Apresentação de vídeo	Problematização do tema a partir de vídeos abordando os impactos do descarte incorreto do óleo ao meio ambiente.	Computador e projetor
Apresentação de slides	Questionamentos: Vocês já ouviram falar sobre a Química Verde e seus objetivos? Quais são os princípios da QV? É possível relacionar o emprego de óleo residual de fritura com a QV com vistas a atender seus princípios?	Slides, computador e internet (laboratório de informática)
Debate	Debate a partir dos vídeos e das orientações sobre o tema feito pelo professor para os alunos opinarem e trocarem ideias do seu entendimento sobre o tema em estudo.	Quadro e giz.

Fonte: Autores.

De modo geral, no momento da problematização inicial (Quadro 7), apresentam-se situações reais vivenciadas pelos alunos de acordo com o tema em questão. Nesse momento, os alunos devem ser questionados para que possam expor o que pensam sobre as situações, e a partir dessa problemática evidenciar a necessidade de novos conhecimentos para solucioná-la, que serão articulados com o conhecimento científico no segundo momento (Quadro 8).

No planejamento sugerido (Quadro 8) as atividades foram pensadas com os objetivos de: determinar o índice de saponificação da matéria graxa; produzir sabão ecológico; reforçar o estudo dos princípios da QV e sua relação com a produção do sabão ecológico; explorar a reação de saponificação e conceitos envolvidos no processo; identificar os grupos funcionais nos reagentes e suas mudanças após reação com possibilidade de explorar as propriedades físicas do sabão; e testes para estudo das propriedades do sabão.

As atividades de organização do conhecimento (Quadro 8), consistem no estudo os conhecimentos científicos necessários para a compreensão das situações apresentadas no problema inicial devem ser incorporados nas discussões, mediante orientações do professor. Nessa perspectiva, a diversidade de atividades é essencial para organizar a aprendizagem, fazendo uso de livros didáticos, experimentos, atividades de estudo, entre outras ferramentas, a fim de ajudar a sistematizar o conhecimento, a ser desenvolvida nos momentos de aplicação que, em nosso planejamento.

Quadro 8: Planejamento do segundo momento: Organização do conhecimento.

Atividade	Encaminhamento metodológico	Recursos didáticos
Aula teórica expositiva dialogada	<ul style="list-style-type: none"> - Contextualização sobre os 12 princípios da QV. - Busca sobre renovabilidade, biodegradabilidade e riscos físicos, a saúde, ao ambiente dos reagentes, produtos e resíduos utilizados na produção de sabão ecológico. - Construção e análise da MV utilizando a formulação da rota experimental para produção do sabão. - Avaliação das melhorias propostas pela MV para posterior aplicação na produção do sabão. - Explorar a reação de saponificação, e esclarecer o seu mecanismo de reação por meio das teorias ácido-base de Lewis; - Avaliar estrutura e identificar os grupos funcionais presentes na estrutura do óleo e do sabão trazendo discussões voltadas para a biodegradabilidade e problemas ambientais. - Estudo teórico sobre as propriedades do sabão: polaridade, solubilidade, pH, reação com água dura. 	Computador, Laboratório de informática (internet) quadro e giz e material impresso
Atividade experimental: Calcular o índice de saponificação do óleo coletado em casa pelos alunos	<ul style="list-style-type: none"> - Abordagem do conceito de IS e sua importância na produção do sabão. - Determinação do índice de saponificação. 	Reagentes, vidrarias, EPI's e material impresso.
Aula experimental: produção do sabão ecológico	<ul style="list-style-type: none"> - Produção do sabão ecológico utilizando o índice de saponificação encontrado. 	Reagentes, vidrarias, EPI's e material impresso.
Aula experimental: propriedades físico-químicas	<p>Experimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensão superficial da água; - Solubilidade - Teste de PH - Reação do sabão em água mole e água dura. 	Material impresso, laboratório.

Fonte: Autores.

Ainda, são previstos momentos de aplicação no conhecimento que, em nosso exemplo (Quadro 9) tem por objetivo a construção da Matriz Verde e da Estrela Verde do processo como forma de fortalecer a relação entre a QV e o processo de produção de sabão realizados pelos estudantes, para fins comparativos e verificação das melhorias.

Por fim, o esperado nos momentos de aplicação do conhecimento é que haja a sistematização do conhecimento construído pelos alunos para analisar e interpretar as situações que foram abordadas inicialmente que determinaram seu estudo, e outras situações, que podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento

Quadro 9: Planejamento do terceiro momento: Aplicação do conhecimento.

Atividades	Encaminhamentos Metodológicos	Recursos Didáticos
Aula prática Laboratório de informática	<ul style="list-style-type: none"> - Construção da Estrela Verde de 10 pontas através dos resultados da produção do sabão ecológico antes e após a otimização da formulação. - Construção da Matriz Verde 	Computador e material impresso.
Aula expositiva e dialogada	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar a verdura química de maneira relacionada e propor novas soluções 	Material impresso, quadro e giz.

Fonte: Autores.

Então, o planejamento apresentado nos Quadros 7 a 9 pode ser utilizado em aulas de Química Orgânica do Ensino Superior e em aulas de Química do Ensino Médio. Além do mais, esse planejamento pode ser readequado de acordo com o tempo e as condições de trabalho do professor. Considera-se importante enfatizar que o planejamento de aulas com sustentação

nos três momentos pedagógicos, com um forte enfoque problematizador e contextualizado, com organização teórica e prática dos conceitos científicos e posterior aplicação do conhecimento pode contribuir na articulação de temas como QV com problemas reais, auxiliando no processo de ensino na aprendizagem.

Nesta perspectiva, este trabalho vem com uma proposta para o estudo e a discussão do tema produção de sabão ecológico em sala de aula, ancorada ao ensino por meio dos três momentos pedagógicos de forma a incorporar os princípios da QV para estudo de alternativas sustentáveis. Uma abordagem de ensino contextualizada e que possibilita a relação de conteúdo específico ao conhecimento da QV, podendo contribuir com uma formação mais crítica e cidadã. Cidadãos propensos a buscar alternativas que viabilizem a sustentabilidade. Nesta proposta, a problematização das questões ambientais envolvidas no descarte inapropriado do óleo e a sua reutilização para produção de sabão ecológico, são boas possibilidades para inserir a QV na prática do estudante por meio do uso das métricas holísticas, especialmente a Matriz Verde.

A Matriz Verde empregada na análise interna do processo de saponificação para a verificação do atendimento aos princípios da QV dá aos educandos a oportunidade de pensarem alternativas para compor a análise externa, momento em que podem sugerir melhorias no procedimento experimental. Ação, que permite refletir sobre suas ações e contribuições para a preservação do meio ambiente. Já a métrica Estrela Verde, mostra-se interessante, especialmente em análises visuais, quantitativas para comparações entre as adaptações sugeridas na Matriz Verde para o maior alcance dos princípios da QV.

Por fim, entendemos que a intervenção aqui proposta poderá contribuir com igual importância no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo específico envolvido no processo de produção de sabão, pois o estudante se faz proativo no desenvolvimento de todas as etapas do procedimento metodológico.

4. Considerações Finais

O descarte incorreto do óleo residual de fritura, como visto anteriormente, causa impactos ambientais e econômicos, mas que podem ser amenizados por meio da destinação correta desse resíduo. Neste sentido, a adaptação e otimização do processo de saponificação amparado aos princípios da QV permite a produção de um sabão ecológico sem resíduos, um produto inócuo à saúde e ao meio ambiente.

Este trabalho também evidenciou que a contextualização dos conceitos químicos pela produção de sabão ecológico pode ser significativa para o ensino de Química, tanto pela abordagem de temas específicos, quanto a reflexão sobre problemas ambientais causados por óleos e graxas, alternativas para redução dos impactos e a inclusão da QV no planejamento, principalmente quando se trata em explorar os princípios da Química Verde.

Por fim, este artigo mostra que a análise da química do processo de saponificação, possibilita explorar e avaliar cada um dos princípios da QV, oportunizando melhorias na estrutura procedimental e do produto final, com redução de riscos ambientais e à saúde. Além disso, explorar os princípios da QV articulados à produção de sabão ecológico pode ser uma alternativa para corroborar com metodologias problematizadoras para introduzir a QV no ensino de Ciências. De maneira geral, as atividades de pesquisa e atividades experimentais propostas neste artigo, permitem extrapolar os conceitos da Química com um trabalho ambientalmente responsável, embasado nos pressupostos da Química Verde.

Assim, como estudos futuros pretende-se avaliar o processo de desenvolvimento da proposta didática em sala de aula, como forma de criticá-la e requalificá-la para atingir os objetivos elencados. Ainda, outras propostas baseadas no tema e nos três momentos pedagógicos podem ser desenvolvidas e validadas na prática.

Referências

Abreu, J. B., Ferreira, D. T., & Freitas, N. M. S. (2017). Os três momentos pedagógicos como possibilidade para inovação didática. In: Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, SC, Brasil.

- Albino, C. S. S. (2016). *Produção de sabão líquido a partir de óleo alimentar usado para utilização na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Universidade de Lisboa]. https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/25659/1/ulfc120699_tm_C%3A1tia_Albino.pdf
- Almeida, Q. A. R. de et al. (2020). Aplicação das métricas holísticas da química verde em experimentos químicos. In: *Anais da IX Jornada Científica e II Jornada de Extensão do IFRJ campus Duque de Caxias*, Duque de Caxias, RJ, Brasil.
- Amorim, G. C. (2021). *Química Verde: Produção de sabão ecológico e compostagem*. 2021. [Produto de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica]. https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599434/2/Produto_Educacional.pdf.
- Anastas, P. T., & Kirchoff, M. M. (2002) Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Acc. Chem. Res.* 35(9) 686-694.
- Brasil. *Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999*. (1999). https://freitag.com.br/files/uploads/2018/02/portaria_norma_499.pdf.
- Baird, C. (2011). *Química Ambiental*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman.
- Bonfim, D. D. S., Costa, P. C. F., & Nascimento, W. J. (2018). A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1) 187-197.
- Borsato, D., Moreira, I., & Galão, O. F. (2004). *Detergentes naturais e sintéticos: um guia técnico*. 2 ed. Londrina: Eduel.
- Bortoluzzi, O. R. S. (2011). *A poluição dos solos e águas pelos resíduos de óleo de cozinha*. [Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade de Brasília]. https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1754/1/2011_OdeteRoselidosSantosBortoluzzi.pdf.
- Brandão, J. B. et al. (2019). Estudo sobre os conceitos da química verde numa escola de ensino médio e técnico integrado. *Revista Ciência em Tela*, 12(2), 1-13.
- Costa, D. A. (2011). *Métricas de avaliação da química verde: aplicação no ensino secundário*. [Tese de Doutorado em Ensino e Divulgação das Ciências. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto]. <http://educa.fc.up.pt/ficheiros/investigacao/61/VER%20TESE%20de%20Dominique%20A.%20Costa.pdf>
- Delizoicov, D., Angotti, J.A., & Pernambuco, M. M. C. A. (2011). *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez.
- Duarte, R. C. C., Ribeiro, G. T. C., & Machado, A. A. S. C. (2015). Avaliação da veracidade de atividades laboratoriais de síntese química no ensino superior em Portugal. *Sociedade Portuguesa de Química*, 39(138), 35-46.
- Durlí, E. (2007). *Tratamento de efluentes de indústria de laticínios utilizando lipases de Burkholderia cepacia lteb11*. [Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Paraná]. Curitiba. <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/16870/EDNEIA%20DURLI%20-%20Disserta%20c3%a7%20c3%a3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Enedino, T. R. Educação ambiental e sustentabilidade: reutilização do óleo de cozinha no ambiente escolar para a produção de sabão ecológico (2017). In: *Anais de IV Congresso Nacional de Educação*, 4., 2017, Campina Grande, SP, Brasil.
- Ferreira, V. F., Rocha, D. R., & Silva, F. C. Química Verde, Economia Sustentável e Qualidade de Vida. (2013). *Revista Virtual de Química*. 6(1), 85-111.
- Freitas, A. (2018). *FISPOQ soda cáustica: perigos, cuidados e EPIs*. Disponível em: <https://cmcenter.com.br/pt-br/fispq/fispq-soda-caustica/>.
- Lima, J. F., & Silva, C. C. (2020). *Uma estratégia didática para ensino de reação de saponificação*. [Produto de Mestrado em Educação para Ciências e Matemática]. https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/728/1/produto_Juliana%20Fernandes%20Lima.pdf.
- Lima, T. O. et al. (2019). Uma vivência fundamentada nos três momentos pedagógicos no ensino de funções orgânicas. *Revista Vivência em Ensino de Ciências*, 4(1), 14-26.
- Lopes, R. C., & Baldin, N. (2009). Educação ambiental para a reutilização do óleo de cozinha na produção de sabão—Projeto “Ecolimpo”. In: *Anais do IX Congresso Nacional de Educação*. Curitiba, PR, Brasil.
- Machado, A. A. S.C. (2014). *Introdução às Métricas da Química Verde: uma visão sistêmica*. Florianópolis: UFSC.
- Magela, W. F., Oliveira, A. K. M., & Silva, V. J. Avaliação das aulas experimentais dos cursos de química do ccet-ueg de acordo com a perspectiva da estrela verde. In: *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis, SC, Brasil.
- Mello, F. de et al. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde. *Educación Química*, 30(1), 21-30.
- Melo, N. R. V. et al. (2019). *Experimentos verdes em química orgânica: uma proposta de aplicação do método da Estrela Verde para o curso Técnico em Química*. [Dissertação de Mestrado Profissional em Educação e Docência. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação]. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/32111/2/Produto%20educacional_Nivia%20melo%202019.pdf
- Neves, B. F., Albuquerque, F. L., & Yamaguchi, K. K. L. (2020) A produção de sabão como uma forma de preservação do meio ambiente e de ensino de Ciências. *Scientia Naturalis*, 2(1), 396-405.
- Novaes, P. C., Machado, A. M. B., & Lacerda, F. V. (2014). Consumo e Descarte do Óleo Comestível em um Município do sul de Minas Gerais. *Revista Ciências em Saúde*, 4(3), 33-40.
- Nunes, F. K. M. et al. (2018). Transformação de óleo de cozinha em sabão como alternativa para diminuição dos impactos ao meio ambiente causados pelo descarte incorreto. In: *Anais do III Congresso Internacional das Ciências Agrárias*. João Pessoa, PB, Brasil.

- Plácido, K. M. (2020). *A química do sabão na pandemia da covid-19: uma proposta que envolve contextualização no ensino de química*. [Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química. Universidade de Brasília]. https://bdm.unb.br/bitstream/10483/28407/1/2020_KatharinaMonteiroPlacido_tcc.pdf.
- Pereira, I. C. et al. (2015). Sabão ecológico como alternativa sustentável ao uso do óleo de cozinha de descarte. In: Anais do Congresso Nacional do Projeto Rondon, Florianópolis, SC, Brasil.
- Ramos, M. A. F. A. C. (2019). *Química Verde: potencialidades e dificuldades da sua introdução no ensino básico e secundário*. [Dissertação de Mestrado em Química para o Ensino. Universidade de Lisboa]. https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4100/1/ulfc095924_tm_Maria_Adelaide_Ramos.pdf
- Ribeiro, M. G. T. C., e Machado, A. A. S. C. (2015). Novas métricas holísticas para avaliação da verduza de reações de síntese em laboratório. *Química Nova*, 35(9), 1879-1883.
- Rios, H. C. S., Pereira, I. R. O., & Abreu, E. S. (2013) Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. *Revista Ciência & Saúde*, 6(2), 118-126.
- Sandri, M. C. M., & Santin Filho, O. (2017). Análise da verduza química de experimentos propostos para o ensino médio. *Actio: Docência em Ciências*. Curitiba, 2(2), 97-118.
- Sandri, M. C. M., & Santin Filho, O. S. (2019). Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. *Educación Química*, 30(4), 34-46.
- Santos, K. M. S. et al. (2021). Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio. *Revista Química Nova na Escola*, 43(3), 411-417.
- Schaffel, I. F. et al. (2019). A Química Verde aplicada na reciclagem do óleo residual de fritura em um projeto social na região do rio aribirí, Vila Velha-ES. *Revista Ifes Ciência*, 5(1), 226-242.
- Silva, D. A. M. et al. (2013). Reuso sustentável: a produção de sabão através do óleo de frituras. In: Anais do IX Congresso de iniciação científica do IFRN. Natal, RN, Brasil.
- Souza, A. C., Silva, C. E., e Costa, T. T. (2020). A abordagem dos princípios da Química Verde e sustentabilidade no livro didático de química do ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 593-616.
- Waelkens, B. E. (2010). *Tratamento de efluentes industriais mediante a aplicação de argila organofílica e carvão ativado granular*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo]. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-18082010-165358/publico/Dissertacao_Barbara_Elisabeth_Waelkens.pdf
- Weyer, M., & Nora, G. D. (2015). Resíduos sólidos domésticos: estudo de caso do óleo vegetal residual no bairro morada da serra Cuiabá/MT. *Revista Geonorte*, 6(24), 62-80.