



SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM STEM: INTERFACES COM A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

TEACHING SEQUENCE IN STEM: INTERFACES WITH CRITICAL ENVIRONMENTAL EDUCATION

Aline Lima dos Anjos 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

✉ alineprofquimica8@gmail.com

Aline Sobierai Ponzoni 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

✉ aline.ponzoni@hotmail.com

Daniel das Chagas de Azevedo Ribeiro 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

✉ daniel.azevedo@ufrgs.br

Camila Greff Passos 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

✉ camila.passos@ufrgs.br

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo analisar uma Sequência Didática (SD) construída e aplicada no contexto de um Curso de Extensão intitulado “Oficina de extensão: polímeros e biopolímeros na química utilizando uma abordagem STEM”, fundamentada nas concepções teóricas da Educação STEM (sigla inglesa para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) e articulada com a temática de “Polímeros e Biopolímeros”. A aplicação da SD ocorreu na Educação Básica, de nível médio e técnico para estudantes do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS de maneira remota. A investigação explorou a adequação e proximidade deste material com os Princípios da Educação Ambiental Crítica (EAC), através dos sete Indicadores e Parâmetros relatados na literatura. O estudo pautou-se em uma análise documental de abordagem qualitativa, alicerçada na Análise de Conteúdo. Os resultados obtidos demonstraram que a SD contempla de maneira significativa os Indicadores e Parâmetros da EAC e evidenciam a relevância e urgência de abordagens firmadas em temas socioambientais no ensino de Química, uma vez que isso torna as aulas mais contextualizadas, aproximando os estudantes a esses debates e incentivando-os a se engajarem com as problemáticas sociais e ambientais que se vivencia na atualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química. Educação STEM Educação Ambiental Crítica.

ABSTRACT: This work aims to analyze a Didactic Sequence (DS) developed and implemented within the context of an Extension Course entitled “Extension Workshop: Polymers and Biopolymers in Chemistry Using a STEM Approach,” grounded in the theoretical concepts of STEM Education (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) and connected to the theme of “Polymers and Biopolymers.” The DS was applied remotely in secondary and technical education for students at the Federal Institute of Rio Grande do Sul (IFRS). The investigation explored the alignment and relevance of this material with the Principles of Critical Environmental Education (CEE), using the seven Indicators and Parameters reported in the literature. The study was based on a qualitative documentary analysis, supported by Content Analysis methodology. The results showed that the DS significantly addresses the Indicators and Parameters of CEE and highlight the importance and urgency of incorporating socio-environmental themes into Chemistry teaching, as this makes lessons more contextualized, bringing students closer to these discussions and encouraging them to engage with the social and environmental issues experienced today..

KEY WORDS: Chemistry Teaching. STEM Education. Critical Environmental Education.

Introdução

A sociedade contemporânea é representada por rápidas e constantes mudanças, ampla conectividade e alta velocidade no compartilhamento de informações. Pensando a Educação como um eixo de incontestável relevância no contexto social, é necessário utilizar alternativas educacionais para desfrutar desse avanço, acompanhando assim, toda essa dinamicidade em que a coletividade está inserida (Tan et al., 2021). Para isso, é indispensável conceber um ensino contextualizado, firmado em discussões de cunho socioambiental, que coloque os sujeitos diante de situações e problemáticas que exigem deles um posicionamento questionador e analítico para suas resoluções (Bergamaschi et al., 2022).

Nessa perspectiva, segundo apontamentos de Publiese (2020), alguns sistemas educacionais de diversos países têm firmado suas práticas em um formato de educação que enfatiza o chamado STEM Education. O termo STEM integra Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, e surgiu na década de 90, proposto pela *National Sciences Foundation (NSF)*. A sigla é atribuída à Dra. Judith Ramaley, ex-diretora da divisão de educação e recursos humanos da NSF (Sánchez & Martinez, 2021).

Segundo Tan et al. (2021), a educação STEM começou nos Estados Unidos como movimento pedagógico, no sentido de políticas educativas com o objetivo de captar os jovens para o estudo dessas áreas científicas de forma a dar resposta às necessidades do país, mas rapidamente passou para outros países. Conforme Bybee (2013), atualmente, a educação STEM é uma abordagem interdisciplinar que desperta curiosidade e interesse dos alunos, pois promove o aprendizado de conceitos específicos em atividades práticas nas quais os educandos aplicam Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática em diferentes contextos. Dessa forma, favorece que os estudantes estabeleçam conexões entre escola, comunidade e mundo do trabalho e dos negócios, permitindo assim o desenvolvimento de habilidades de alfabetização científica em STEM (Johnson, 2013).

Esse movimento educacional busca oferecer aos estudantes uma visão dos fenômenos que compõem essas áreas em relação ao cotidiano (Silva, 2017). O objetivo da STEM é permitir que os alunos desenvolvam o conhecimento científico, entendam e consigam propor decisões sobre questões locais, nacionais e globais (Silva, 2017), uma vez que apresenta uma forma inovadora para o ensino de Ciências/Química, rompendo a forma de ensino tradicional característico, no qual o aluno pouco se relaciona com o objeto de estudo e não é mobilizado a realizar conexões dos conhecimentos científicos com o mundo empírico.

Isto significa que a metodologia STEM busca quebrar a barreira entre conteúdos disciplinares, fazendo com que os conceitos apresentados nas disciplinas sejam colocados em prática e associados com outras áreas do conhecimento. O uso da STEM promove aos estudantes um estudo mais amplo e dinâmico, já que eles devem utilizar a criatividade, concepções matemáticas e construir objetos usando técnicas inovadoras que facilitam o processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos de diferentes componentes curriculares (Lins et al., 2019).

Pautada nessa organização metodológica e, considerando o ensino de Ciências e Química aliado à Educação Ambiental Crítica (EAC), tem-se como suporte teórico os apontamentos realizados por Bergamaschi et al. (2022), no qual afirma a íntima relação do STEM com os princípios da EAC, uma vez que convergem em proporcionar uma abordagem holística das perspectivas sociais.

Nesse sentido, para um melhor entendimento sobre os conteúdos de Química e sua relação com o cotidiano dos estudantes, devem ser propostas situações em que as aulas ministradas estejam interligadas a situações do mundo real, firmadas na resolução de problemáticas de conexão do dia a dia dos envolvidos. Isso mostra a importância da integração entre as disciplinas, na qual um

único conceito ou princípio não é suficiente, já que para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) eles (e sua integração) precisam estar envolvidos para resolver problemas (Chonkaew et al., 2019).

No que tange à Educação Ambiental, mencionada anteriormente, destaca-se que ela está relacionada a diferentes correntes, dentre elas, a Crítica, que busca analisar as dinâmicas sociais que se encontram na base das realidades e problemáticas socioambientais, realizando “[...] análise de intenções, de posições, de argumentos, de valores explícitos e implícitos, de decisões e de ações dos diferentes protagonistas de uma situação” (Sauvé, 2005, p. 30). Além disso, de acordo com Luz e Tonso (2015), a EAC compreende os processos de ensino e aprendizagem em que os estudantes sejam capazes de trabalhar de forma conjunta, aprimorando sua relação com o próximo e com a sociedade, fazendo com o que sua aprendizagem faça sentido em sua prática social.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar o grau de proximidade de uma Sequência Didática (SD) sobre a temática de “Polímeros e Biopolímeros”, desenvolvida a partir dos ideais da educação STEM, com os Indicadores e Parâmetros da EAC. Cabe destacar que a SD foi elaborada para um curso de extensão, intitulado como “Oficina de extensão: polímeros e biopolímeros na Química, utilizando uma abordagem STEM”, oferecido pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) para alunos matriculados regularmente no ensino médio integrado. Todavia, a análise relatada neste evento refere-se ao Trabalho de Conclusão de Curso da primeira autora (Anjos, 2024).

Indicadores e Parâmetros da Educação Ambiental Crítica

A educação crítica tem suas raízes nos ideais democráticos e emancipatórios do pensamento reflexivo aplicado à educação. No Brasil, esses ideais foram constitutivos da educação popular que rompe com uma visão de educação tecnicista, difusora e repassadora de conhecimentos, convocando a educação a assumir a mediação na construção social de conhecimentos implicados na vida dos sujeitos (Carvalho, 2004). Por esse motivo, as teorias contemporâneas da educação “[...] apresentam discussões sobre os objetivos da formação dos estudantes como indivíduos críticos que interagem com o ambiente e, para tanto, suas aprendizagens devem contribuir para a interação plena na sociedade [...]” (Souza et al., 2023, p. 318).

Considerando uma das correntes da EA, as influências críticas de origem marxista e/ ou frankfurtianas, “[...], chegam à EA brasileira por meio da educação popular, especialmente mediante a reflexão pedagógica e política de nomes como Paulo Freire, Carlos Rodrigues Brandão, Moacir Gadotti, entre outros” (Lima, 2009, p. 148). Segundo Lima (2009), a EAC é baseada na pedagogia freireana, na qual é destacado que a educação e conhecimento são uma construção social dialógica coletiva, que promove o pensamento crítico, a formação de sujeitos emancipados e a mudança da realidade sociocultural e política.

Pensando nessa prática educacional, Luz e Tonso (2015) construíram sete Indicadores e Parâmetros para avaliar se há uma ocorrência concreta entre essa prática e a EAC, em uma proposta didática, uma vez que ela contempla aspectos importantes da formação integral dos sujeitos. Os mesmos autores definem que indicadores “[...] são elementos que nos mostram algo que não pode ser observado ou medido diretamente [...]”, e parâmetros “[...] são como que os limites dos indicadores, dizem-nos de quando até quando um indicador faz sentido e se referem às características dos indicadores [...]” (Luz & Tonso, 2015, p. 5).

No Quadro 1, estão representados os sete indicadores e seus parâmetros desenvolvidos pelos autores supracitados.

Quadro 1: Indicadores e parâmetros da Educação Ambiental Crítica

Indicadores	Parâmetros
1 - A compreensão sobre as origens ou as causas dos problemas ambientais.	Toda vez que uma ação em EA busca, prioritariamente, explicar a questão ambiental como resultados da relação intrínseca entre o modo de produção e consumo e os processos de degradação ambiental há um indicativo de ser uma ação de EA Crítica, segundo esse indicador.
2 - A articulação da dimensão técnica com a dimensão social.	Toda vez que uma EA relacionar as disciplinas do conhecimento ou, da mesma maneira, o saber científico com o saber popular ou não científico, está com isso buscando ser uma EA Crítica.
3 - A participação dos educandos na escolha dos saberes e conteúdos prioritários.	A participação é um meio e um fim. Um meio, pois através da participação direta dos educandos nas diversas dimensões do processo educativo é que se potencializa, dinamiza e proporciona o exercício da cidadania ativa. Da mesma forma, o fato de os participantes apontarem suas prioridades e desejos de aprendizagem, bem como os métodos para tal, é um mecanismo para a transformação, a autonomia e emancipação, pois posiciona o conhecimento no interior da vida e aponta para a vida cotidiana, a realidade social concreta do indivíduo ou do grupo. A participação estimulada como um fim, seja através da rotação de funções, das mudanças nas atribuições individuais, das decisões, seja através da atribuição de responsabilidades, é um forte elemento pedagógico.
4 - Os conteúdos do trabalho pedagógico que dialoguem com a realidade.	Uma EA que busca ser crítica realiza, em algum momento, o reconhecimento das características locais, das especificidades culturais, produtivas, organizacionais, por meio de um mapeamento ou diagnóstico. Esse processo de reconhecimento do local é sempre pensado e praticado de forma participativa. A realidade social concreta é o início da ação pedagógica, isto é, parte-se de elementos considerados como importantes pelos sujeitos do processo educativo, torna-os objeto de reflexão e de aprendizado, para retornar à prática, à realidade social concreta, como um fim, de forma a superar as contradições que dão origem às questões sociais e ambientais.
5 - A identificação dos educandos com a comunidade a que pertencem.	Uma EA Crítica busca aproximar as pessoas que estão envolvidas em comunidades ou grupos sociais. Seja territorialmente, seja institucionalmente, a criação e o fortalecimento de laços comunitários aparecem como uma estratégia para romper com o individualismo. Aproxima os atores de um mesmo contexto de pertencimento para compreensão de responsabilidades diferentes sobre a questão socioambiental, comprometimentos coletivos, identificação das redes, das relações e dos níveis de poder dos atores.
6 - A ação coletiva.	A relação com o outro, individual e coletivamente, é um mecanismo pedagógico que permite aumentar a capacidade de criação solidária

	do conhecimento, por meio de uma construção baseada na troca, multiplicando os saberes dos grupos presentes. O diálogo pode ser uma força geradora para promover processos educativos transformadores, libertadores e radicais e promover a capacidade de lidar com os conflitos, reconhecer e valorizar as diferenças, avançar a partir das contradições, gerando novas interações, novas proposições, aceitando o conflito e a divergência como meio para alcançar novas proposições.
7 - O papel da avaliação na ação educativa.	A avaliação pode ser entendida como um mecanismo de reflexão sobre a prática, e essa reflexão, por sua vez, um meio para fornecer elementos para melhorar a prática, permitindo a verificação dos objetivos, isto é, se os resultados esperados do processo educativo estão sendo atingidos ou se são necessárias adequações ou mudanças no planejamento inicial. Por isso, tem um caráter permanente e acontece durante o decorrer dos processos educativos. A avaliação em EA Crítica parte dos pressupostos de abordagens qualitativas, inclui as subjetividades em suas prioridades e evita a classificação por meio da atribuição de notas ou conceitos.

Fonte: Luz e Tonso (2015).

Os indicadores e parâmetros da EAC de Luz e Tonso (2015) foram utilizados em estudos anteriores por Sudan e Zuin (2022) para validar atividades desenvolvidas com enfoque socioambiental, por Ponzoni et al. (2023) ao analisarem materiais didáticos no formato de Unidades Temáticas (UT) quanto à proximidade com os Indicadores e Parâmetros e por Queiroz e Sacchi (2020) para avaliar aproximações de Estudos de Casos produzidos com a EAC.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido sob a perspectiva de uma análise qualitativa do tipo documental, visando à apreciação do *corpus* desta pesquisa. A investigação foi conduzida segundo os princípios da Análise de Conteúdo (AC), a partir dos registros do diário de bordo da professora-pesquisadora sobre a implementação de uma SD desenvolvida e aplicada em um curso de extensão para alunos do ensino médio técnico, com a temática de Polímeros e Biopolímeros.

Segundo Bardin (2011, p. 48) a AC compreende em “Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não)” os quais “permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens”.

Assim sendo, a análise de conteúdo é um instrumento para explorar de forma interpretativa diferentes tipos de documentos. Segundo Bardin (2011), a AC se divide em três etapas: I) pré-análise, II) exploração do material e III) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Serão considerados como documentos o *corpus* deste estudo, todas as atividades elaboradas para a SD do curso de extensão, como planejamentos, materiais didáticos e instrumentos diagnósticos como questionários e produções textuais dos estudantes. Tais registros foram descritos no diário de bordo da professora-pesquisadora ao longo do processo de planejamento

e realização do curso. Assim, o diário de bordo foi analisado a partir de categorias *a priori*, sendo elas, os sete indicadores e parâmetros elaborados por Luz e Tonso (2015).

A Sequência Didática Analisada

Conforme registros do diário de bordo, a SD foi elaborada com o objetivo de abordar conteúdos de Química Orgânica por meio de uma perspectiva contextualizada, tendo como tema central os polímeros e biopolímeros, e fundamentada nos princípios da educação STEM. Essa proposta visa integrar as áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, promovendo o raciocínio crítico, a resolução de problemas e a formação de cidadãos conscientes. Segundo Chen et al. (2019) Chen, Zhu e Liu (2019), a abordagem STEM busca romper a fragmentação entre as disciplinas escolares, incentivando os alunos a aplicarem conhecimentos interdisciplinares na investigação de problemas reais. Bybee (2013) acrescenta que um dos objetivos centrais é fomentar uma sociedade alfabetizada nessas áreas, estimulando o engajamento com temas científicos e tecnológicos de forma crítica e participativa.

Com base nesses princípios, foi desenvolvida a sequência didática para o curso de extensão intitulado “Oficina de extensão: polímeros e biopolímeros na química utilizando uma abordagem STEM”. O curso teve como proposta oferecer uma experiência educativa que estimulasse a aprendizagem ativa e interdisciplinar, aliando teoria e prática, de modo a favorecer a formação de estudantes críticos, criativos e socialmente engajados. Dentro dessa perspectiva, os estudantes foram convidados a planejar, desenvolver e propor soluções inovadoras para desafios ligados à realidade cotidiana, com potencial de impacto em suas comunidades. Essa vivência prática é essencial para que consigam relacionar os conteúdos abordados em sala com situações concretas, o que contribui significativamente para o interesse e envolvimento nas áreas científicas e tecnológicas (Heck, 2017).

As aulas foram realizadas de forma remota, por meio da plataforma Google Meet, durante o período pandêmico da Covid-19. A sequência foi composta por seis encontros, com duração de até duas horas cada, nos quais foram discutidos temas teóricos sobre as diferenças entre polímeros e biopolímeros, suas aplicações industriais e impactos ambientais, especialmente relacionados ao uso excessivo de plásticos. Foram utilizados diversos recursos didáticos, como artigos científicos, vídeos, estudos de caso e atividades práticas. Como culminância da proposta, os participantes desenvolveram um projeto no qual deveriam criar um meio de transporte alternativo e sustentável, utilizando um polímero ou biopolímero como material base para sua construção. O curso contou com a participação de duas estudantes do curso técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do IFRS – Campus Feliz. Uma análise mais detalhada da SD pode ser consultada na dissertação da primeira autora (Anjos, 2023).

Entre as estratégias pedagógicas utilizadas, destacam-se o uso de ferramentas digitais interativas, como o aplicativo *Mentimeter* para elaboração de nuvem de palavras, para explorar os conhecimentos prévios e promover a participação ativa; e a criação de murais colaborativos no *Padlet*, os quais possibilitaram o registro de ideias, reflexões e a construção coletiva do conhecimento ao longo das aulas. Além disso, foram aplicados questionários baseados nos artigos científicos estudados, com o objetivo de promover a leitura crítica, aprofundar a compreensão dos conteúdos e incentivar o debate sobre as questões socioambientais abordadas, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2: Sequência Didática aplicada no curso de extensão sobre polímeros e biopolímeros pautada na educação STEM. * Cada aula teve duração de 2h.

Aula*	Objetivos da Aprendizagem	Estratégias e Recursos Didáticos
-------	---------------------------	----------------------------------

1	<p>Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do tema polímeros e biopolímeros e sua relação com a química.</p> <p>Analisar as características dos polímeros e biopolímeros e sua aplicação no cotidiano, através de vídeos e artigos e após responder um questionário a respeito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de uma Nuvem de palavras utilizando a plataforma <i>online</i> <i>Mentimeter</i> (Disponível em www.menti.com) com a pergunta: “O que são polímeros?” e “O que são biopolímeros?” - Questionário para verificação dos conhecimentos prévios utilizando o Google Forms (esta atividade foi proposta para ser feita em casa e apresentada da Aula 2). - Questionário no Google Forms a respeito dos vídeos e artigos: - Vídeo 1: Braskem Descomplica De onde vem o plástico? (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NTtyMoNftrg), no qual é explicada a origem e as transformações que ocorrem para fabricação dos polímeros. - Vídeo 2: COMO RECICLAR PLÁSTICO EM CASA (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=H5rbcjYYTXA), vídeo retirado do canal Manual do Mundo, no qual eles apresentam uma forma simples de se reaproveitar algumas embalagens plásticas que são utilizadas em casa, e também a importância de separar os plásticos pelas suas classificações de reciclagem. - Vídeo 3: Biotecnologia aplicada ao fruto Buriti, onde é criado um bioplástico, feito do fruto do mesmo. (https://www.youtube.com/watch?v=lv32eUzs6YY&t=66s).
2	<p>Definição de polímeros e suas principais características. Compreender as propriedades, nomenclatura e classificação dos polímeros e sua relação com a Química Orgânica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nessa aula, foi realizada uma aula expositiva na qual foram apresentadas as principais características a respeito dos polímeros e sua importância industrial. - Elaboração da tabela de polímeros em que os estudantes deveriam fazer um levantamento de quantas e quais embalagens de materiais poliméricos possuíam em um cômodo da casa. - Criação do Padlet, a respeito de três polímeros de interesse industrial.
3	<p>Apresentação do estudo de caso. Principais biopolímeros e sua importância industrial.</p> <p>Apresentação da proposta pré-projeto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do estudo de caso a respeito de um problema ambiental relacionado com a poluição dos plásticos, em cuja próxima aula seria realizado um debate a respeito. - Aula expositiva sobre biopolímeros, suas principais características e importância industrial. - Orientação para elaboração do pré-projeto.

4	Orientações para elaboração do projeto e reunião dos grupos. Apresentação <i>Brainstorming</i> . Preenchimento da tabela etapas do projeto.	- Orientações gerais a respeito do projeto. - Apresentação do pré-projeto com as ideias iniciais dos estudantes.
5	Elaboração de projeto (aula assíncrona).	- Aula assíncrona na qual os estudantes se reuniram para elaboração do projeto.
6	Apresentação dos projetos, aplicação do questionário final.	- Apresentação do projeto elaborado pelos educandos e discussões a respeito do mesmo e acerca do curso. - Aplicação do questionário final no <i>Google forms</i> para avaliar a aprendizagem, e avaliar a qualidade do curso.

Fonte: Os autores.

É pertinente salientar que quando a SD foi elaborada, não se fez o uso dos Indicadores e Parâmetros da EAC, pois o planejamento das atividades estava direcionado ao aporte teórico da STEM. A utilização dos indicadores e parâmetros são categorias de análise determinadas após a finalização da SD, para identificar trechos e atividades do material que contemplaram os princípios da EAC.

Resultados e Discussão

Levando em consideração a SD aplicada no curso de extensão e conforme os registros dos planejamentos e resultados das aulas descritas no diário de bordo, buscou-se identificar as aproximações dos objetivos, metodologia, recursos, avaliação, assim como resultados descritos sobre as aulas com os Indicadores e Parâmetros da EAC de Luz e Tonso (2015). Dessa forma, os indicadores observados em cada encontro estão sintetizados no Quadro 3.

Quadro 3: Indicadores e parâmetros analisados em cada aula.

Aula	Indicadores e parâmetros						
	1	2	3	4	5	6	7
1	X	X	n.a	X	n.a	n.a	n.a
2	X	X	n.a	X	n.a	n.a	X
3	X	n.a	n.a	X	n.a	X	X
4	n.a*	n.a	n.a	n.a	X	n.a	n.a
5	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
6	X	n.a	n.a	n.a	X	X	X

*n.a: não se aplica

Fonte: Os autores.

Conforme observado no Quadro 3, todos os indicadores foram contemplados ao longo da SD, com exceção do indicador 3 que não foi observado em nenhuma atividade. Destaca-se que o Indicador 3 relaciona-se à participação dos educandos na escolha dos temas e conteúdos prioritários das atividades das aulas. Nesse sentido, como o curso foi estruturado a partir de uma temática pré-determinada (polímeros e biopolímeros), os participantes não atuaram ativamente nessa escolha.

O **Indicador 1** foi contemplado nas aulas 1, 2, 3 e 6, quando houve a discussão sobre a relação de causa e consequência das questões ambientais relacionadas à produção, consumo e descarte dos polímeros e biopolímeros. No trecho abaixo, está representada uma discussão a respeito de uma atividade que visava à construção de uma Nuvem de Palavras (NP), a partir do aplicativo *Mentimeter*, na aula 1. A pergunta norteadora da atividade foi: “O que é um Biopolímero?”

A partir dela, podem-se observar debates e reflexões como: “*Eu fiz um curso de microrganismos, onde foi comentado que nem tudo que é bio é de fácil degradação, às vezes ele tem um microrganismo embutido, para ajudar em alguma parte, mas não necessariamente na degradação*”. (Aula 1), que permitiram a identificação e aproximação com o indicador 1.

Um ponto destacado da Aula 2 está relacionado a uma pergunta feita com relação à poluição dos plásticos e se eles estavam prejudicando o meio ambiente. Para essa argumentação, a Aluna A responde: “*Com certeza, pois eles não estão sendo descartados de maneira correta*.” Nesse trecho, observamos uma visão crítica da estudante, pois ela destaca que os plásticos não estão sendo descartados de maneira correta, mostrando preocupação sobre esse tema. Segundo Gerpe et al. (2020), torna-se necessário que a escola promova uma discussão mais ampla em sala de aula, que aborde as consequências do uso e descarte de polímeros no meio ambiente, bem como as implicações sociais de tais ações.

Relacionado ao **Indicador 2**, no final da Aula 1 foi proposta uma atividade para ser realizada em casa, na qual os estudantes deveriam assistir a três vídeos e realizar a leitura de dois artigos e, após isso, responder a um questionário. Na Aula 2, foi realizada uma apresentação expositiva sobre as principais características químicas dos polímeros e sua relação com a Química Orgânica, sua classificação, nomenclatura e algumas características relevantes. Após a aula expositiva, foi aberta uma discussão a respeito dos assuntos abordados. Nessa aula, foi sugerido como atividade um levantamento de materiais de origem polimérica que estivessem presentes em cada cômodo de suas casas, para depois serem identificados em uma tabela na qual deveria constar o nome do polímero, sua classificação de reciclagem, e a estimativa de consumo diário, mensal e anual. Outra atividade proposta foi a elaboração de um mural virtual, no qual foi sugerida a ferramenta Padlet, em que eles escolheriam três tipos de polímeros, para escrever sobre eles. Ambas as atividades seriam apresentadas na Aula 3.

Assim, o indicador 2 foi observado na Aula 2, na aplicação do questionário de conhecimentos prévios. A atividade da NP também se encaixa nesse indicador, pois investiga os conhecimentos não científicos dos estudantes e posteriormente os relaciona com a dimensão científica/técnica, como indicado por Luz e Tonso (2015). Abaixo, está representada uma das perguntas do questionário de conhecimentos prévios, em que é evidenciado esse indicador: Você sabe como os plásticos são fabricados? Comente sobre. “*Um pouco, imagino que após a extração da nafta, haja algum processo para a transformação dela para que, daí sim, se transforme em plástico*” (Aluna A); “*A partir da nafta extraída do petróleo*” (Aluna B).

Pode-se perceber que ambas as estudantes têm conhecimento de que os plásticos têm origem na nafta do petróleo, mas não sabem explicar de que maneira essa transformação acontece. Ainda nesse sentido, outra pergunta relacionada a esse indicador foi: Você sabe o que é um polímero e um biopolímero? Sabe dizer a diferença entre eles?. Como resposta obteve-se o seguinte trecho: “*Imagino o que seja, mas não sei qual seria exatamente a diferença. Imagino que*

o biopolímero possa ser implantado ao corpo, seja de obtenção mais sustentável e natural e que ele seja de mais fácil degradação” (Aluna A); *“Biopolímero é produzido através de matéria renovável. Polímeros são plásticos”* (Aluna B). A Aluna B demonstra conhecimentos químicos e ambientais a respeito das diferenças entre polímeros e biopolímeros, destacando que os biopolímeros têm origem de matéria prima renovável.

Na Aula 2, foi iniciado um momento de reflexão sobre as respostas dos questionários aplicados. Uma das estudantes fala a respeito da resistência das garrafas PETs: *“na minha antiga escola, eles faziam PUFs com garrafas PET, eram colocadas em pé e coladas com fita adesiva, ficavam bem resistentes, pois as garrafas PETs são resistentes.”* Quando ela destaca a resistência desse plástico, observam-se seus conhecimentos químicos e de processos de engenharia em relação à fabricação desse material. Pode-se ressaltar que um material didático que engloba a perspectiva da EAC, deve ser apresentado a partir de uma problematização social, com o intuito de entendê-la estruturalmente com base em conhecimentos químicos apropriados referentes a elementos científicos e tecnológicos (Queiroz & Sacchi, 2020).

Sobre o **Indicador 4**, a atividade relacionada aos vídeos e leitura dos artigos (Aulas 1 e 2) representa esse indicador, pois visa ao reconhecimento das especificidades culturais, e organizacionais dos estudantes em suas residências e famílias, por meio de um mapeamento ou diagnóstico. Como apontam Luz e Tonso (2015, p. 6) *“A realidade social concreta é o início da ação pedagógica, isto é, parte-se de elementos considerados como importantes pelos sujeitos do processo educativo, torna-os objeto de reflexão e de aprendizado, para retornar à prática, à realidade social concreta [...]”*. O vídeo intitulado “COMO RECICLAR PLÁSTICO EM CASA” mostra como é possível, de maneira fácil e criativa, reduzir o impacto ambiental do descarte de plásticos e reaproveitá-los de diversas formas. O vídeo “Biotecnologia aplicada ao fruto Buriti, com o qual é criado um bioplástico, feito do fruto do mesmo”, faz com que os estudantes reflitam a respeito das alternativas de criação de bioplásticos, e como é importante trazer esse tema para as escolas, demonstrando a importância da pesquisa científica e como ela colabora de forma inovadora para nossa sociedade.

Mesmo que na aula 2 tenham sido apresentados os conceitos e classificações sobre polímeros e biopolímeros, o objetivo foi a articulação de tais conhecimentos com a realidade social concreta dos estudantes, para superar a dicotomia que dá origem às questões sociais e ambientais. A tarefa na Aula 2 na qual os alunos deveriam escolher um cômodo da casa e fazer o levantamento de quais tipos e qual quantidade de plásticos tinham, fez com que eles refletissem a respeito do montante desse material que era consumido por mês e quais seriam as alternativas para diminuir esse consumo. Outro trecho destacado na segunda aula foi em relação à coleta seletiva, durante a qual se questionou se esse serviço estava disponível na região onde os estudantes residiam, ou se havia empresas locais que desempenham ações de reciclagem. Todos responderam negativamente para as indagações. A partir das respostas, foi possível refletir e investigar de que forma o material plástico poderia ser reaproveitado. Uma das estudantes relatou uma experiência de sua antiga escola, onde haviam confeccionado PUFs com garrafa PET, demonstrando uma forma de esses materiais serem reutilizados.

Na Aula 3, foi realizada uma apresentação expositiva sobre as principais características químicas dos biopolímeros, suas fontes de obtenção, o porquê de usar biopolímeros e a classificação deles. Foi apresentado também, um comparativo a respeito da degradação de um polímero biodegradável em relação ao polímero convencional. Durante a aula, foi introduzido um estudo de caso, que seria melhor debatido, com maior profundidade na quarta aula. Por fim, foi apresentada uma problemática referente ao projeto final do curso, para o qual os estudantes deveriam esboçar como ele seria executado.

A atividade do estudo de caso (Aulas 3 e 4) apresentou um tema bem pertinente em relação a esse parâmetro da realidade socioambiental local, pois levanta uma grave questão de poluição ambiental nos oceanos, e como isso vem se agravando cada vez mais. Dois trechos abaixo representam a opinião das estudantes em relação a essa atividade: “*Em relação à quantidade de lixo retirado dos oceanos, eu consegui fazer essa relação quando visitamos o museu da UFRGS, pois lá tinha uma tartaruga, conforme a imagem ilustrativa no estudo de caso cheia de material plástico, fiquei bem surpreendida ao ver isso pessoalmente*” (Aluna A); “*Sabemos da quantidade de material plástico que são retiradas dos oceanos, que são toneladas, mas não temos a noção real disso em tamanho real, pois o plástico é muito leve, e isso em toneladas se torna um volume muito grande*” (Aluna B).

Foi questionado qual seria a alternativa para reduzir o consumo de plásticos, e as estudantes responderam: “*Acho que poderíamos achar outras alternativas para substituir as embalagens plásticas, como por exemplo as pessoas que produzem de forma artesanal cosméticos, principalmente das pessoas que se preocupam em ter uma embalagem que não seja plástico, como por exemplo papel, latas*” (Aluna B); “*Devemos evitar usar sacolas plásticas no mercado, tentar usar garrafas retornáveis...eu tenho hábito de quando vou ao mercado se eu pegar duas cenouras eu não vou colocar em um saco plástico, mesma coisa o melão não precisa colocar em um saco*” (Aluna A).

Com isso, foram identificadas a extrema importância, amplitude e a complexidade relacionada aos problemas ambientais, demonstrando a necessidade de propiciar debates construtivos com frequência, principalmente em sala de aula (Queiroz & Sacchi, 2020). Desse modo, esperamos propiciar a construção coletiva de um ponto de vista crítico a respeito de problemas ambientais. O **Indicador 5** busca aproximar as pessoas envolvidas em comunidades e grupos sociais, promovendo a sensibilização dos envolvidos nas questões socioambientais. Pode-se perceber esse indicador na atividade referente à elaboração do projeto final (Aula 6), na qual os aprendizes foram desafiados a criar um meio de transporte utilizando materiais poliméricos ou biopoliméricos, com objetivo de transportar cestas básicas para uma comunidade carente localizada nas ilhas de Porto Alegre.

Especificamente, o objetivo do projeto era transportar cestas básicas para a Ilha dos Marinheiros em Porto Alegre, destacando os significativos impactos sociais que essa ação desencadeia, e fornecendo apoio às famílias carentes. Da mesma forma, mobiliza a comunidade na arrecadação de garrafas PETs, para a construção do barco, promovendo engajamento coletivo e sensibilização sobre a reutilização de materiais poliméricos.

Dessa maneira, segundo Guimarães (2007, p. 89), a proposta que nos movimenta é de uma EAC que comprehende a sociedade numa perspectiva complexa, em que cada uma das partes influencia o todo. O desafio da EA é compor uma concepção crítica que indique para uma descoberta conjunta de qualidade de vida para as pessoas e, ao mesmo tempo, cuidar do nosso planeta. Nesse sentido, o foco do projeto era desenvolver ações que envolvessem a comunidade escolar em projetos sociais para dar um destino correto ao material plástico que seria descartado no meio ambiente, justamente para desenvolver o senso de pertencimento à comunidade.

No que tange ao **Indicador 6**, a atividade de levantamento de materiais poliméricos (Aula 3), proporcionou uma discussão a respeito das embalagens e da estimativa de consumo mensal e anual dos envolvidos. Durante o debate, discutiu-se sobre as embalagens de produtos de limpeza, para as quais ainda não existe uma alternativa que não seja de origem polimérica.

Nesse contexto, a aluna A comentou: “*Na minha casa, usamos uma embalagem de detergente por semana. O sabão em barra seria uma opção mais sustentável para resolver este problema*”. De acordo com essa fala, Quintas propõe que (2005, p.17), “o esforço da EA deveria

ser direcionado para a compreensão e busca de superação das causas estruturais dos problemas ambientais por meio da ação coletiva e organizada”.

Outra atividade, durante a qual foi possível observar os debates e problematizações coletivas, foi no decorrer da elaboração do projeto, uma vez que todas as atividades foram realizadas de maneira colaborativa, com ideias sendo complementadas entre os participantes. A Aula 4 foi reservada para o debate do estudo de caso, bem como para a apresentação do esboço do pré-projeto. Já na Aula 6, os estudantes apresentaram o projeto final, utilizando como ferramenta um modelo de planejamento chamado o *Project Model Canvas*, sugerido no trabalho de Publiese (2020), usado em projetos STEM.

Segundo Torres e Irala (2014), a aprendizagem colaborativa envolve duas ou mais pessoas trabalhando em grupos com objetivos compartilhados, auxiliando-se mutuamente na construção de conhecimento. Dessa forma, fica evidenciado que a aprendizagem ocorre devido às interações sucessivas entre os indivíduos, adquirindo novas formas de pensar e agir, apropriando-se de novos conhecimentos (Madke et al., 2012).

Em relação ao **Indicador 7**, o processo avaliativo se constitui em momentos em que os discentes e os docentes analisam suas ações, e assim buscam modos de melhorá-las e adaptá-las (Luz & Tonso, 2015). Isso posto, foram apresentados alguns trechos da sequência didática, nos quais esse parâmetro pôde ser evidenciado. Todavia, salientamos que em todas as aulas da SD o processo educativo apresentou caráter de avaliação permanente, mas somente foram consideradas as aulas nas quais foram utilizados instrumentos de avaliação “*como um mecanismo de reflexão sobre a prática*” (Luz & Tonso, 2015, p. 7). Na avaliação da apresentação do Padlet a respeito dos principais tipos de polímeros (aula 2), foi observado que ambas as educandas se preocuparam em descrever as características físicas e químicas dos polímeros, mas não apresentaram nenhuma forma de reciclagem, ou alternativas para diminuir o consumo dos polímeros. Isso pode estar relacionado com o fato de que ambas as participantes pertenciam ao curso técnico em Química, no qual aspectos sociais e ambientais são pouco debatidos.

No final da SD foi aplicado um questionário final para avaliação do curso e da aprendizagem dos participantes (aula 6). As duas estudantes indicaram impressões e sugestões sobre o curso de acordo com as seguintes respostas:

A nuvem de palavras foi legal, para que possamos ver “o que vem primeiro na cabeça”, a tabela de polímeros mostrou o quanto de polímeros temos em casa, a elaboração do padlet facilitou a associação mais rápida do conteúdo, o projeto fez com que exercitarmos a nossa capacidade de criar. (Aluna A).

Gostei muito dos artigos propostos pela professora. Justificando a questão anterior, gostei dos questionamentos acerca dos vídeos e artigos pois nos torna pessoas mais críticas, o que é algo necessário; gostei da tabela sobre os polímeros selecionados em casa, pois me fez pensar sobre como quase tudo na minha casa tem plástico na composição e gostei muito de fazer o projeto pois vi que envolve muita coisa, muitas pesquisas e que é necessário estarmos adeptos não só a nossa área, mas também a outras como matemática e tecnologia (Aluna B).

Esses relatos evidenciam momentos avaliativos da ação educativa, os quais permitiram reflexões críticas sobre o andamento das aulas e, a partir dessas reflexões, as metodologias e estratégias que estavam sendo empregadas puderam ser revisadas. Os estudantes relataram que gostaram das atividades propostas, agregaram muito conhecimento e despertaram interesse pela temática

do curso. Uma das participantes sugeriu a inclusão de mais aulas teóricas, isso foi então registrado e considerado para futuras edições do curso.

Algumas Considerações

Pode-se concluir que a SD, elaborada por intermédio da proposta do ensino baseada em STEM, aproximou-se dos indicadores e parâmetros de Luz e Tonso (2015). Isso é evidenciado pelo fato de que, no decorrer das seis aulas ministradas, ao menos um dos indicadores foi identificado em cada encontro, com ressalvas ao indicador 3, que não foi contemplado, pelo fato de os educandos não terem participado na escolha do objeto de estudo, já que o curso foi concebido mediante uma temática determinada.

Foi constatado que o indicador 1 foi contemplado nas aulas 1, 2, 3 e 6, demonstrando que os estudantes, em geral, possuem uma compreensão acerca das origens ou das causas dos problemas ambientais. Esse entendimento se deu quando ocorreu o debate sobre a relação de causa e consequência das problemáticas socioambientais relacionados à produção, consumo e descarte dos polímeros e biopolímeros. No que tange ao indicador 2, ele apareceu nas aulas 1 e 2, confirmando a articulação técnica com a dimensão social, tendo em vista os trabalhos realizados nessas aulas, em que as alunas puderam relacionar os temas abordados aos seus conhecimentos prévios e ao saber científico. Já o indicador 4 manifesta-se nas aulas 1, 2 e 3, evidenciando uma certa criticidade dos estudantes no que diz respeito ao conteúdo trabalhado relacionado com a realidade socioambiental dos envolvidos.

O indicador 5, que aborda a relação dos educandos com a comunidade a que pertencem, foi identificado na quarta e sexta aula. Isso se deve ao fato de nessas aulas, em especial, ter ocorrido a discussão e planejamento do projeto que visava à construção de um meio de transporte para a entrega de cestas básicas a uma comunidade carente da região. O sexto e penúltimo indicador, que se pauta na ação coletiva, foi percebido na aula 3 e 6. O reconhecimento desse indicador ressalta a importância do trabalho coletivo e colaborativo, discussões com troca de ideias e reflexões, tornando as aulas dialogadas e dinâmicas, favorecendo, assim, a construção do conhecimento científico e buscando alternativas às temáticas em pauta, sempre visando ao bem comum. Por fim, o indicador 7, observado nas aulas 2, 3 e 6, destaca a avaliação na ação educativa, como modo de favorecer e desenvolver a reflexão crítica sobre a prática estudantil e pedagógica dos sujeitos envolvidos.

Com isso, a partir da investigação realizada, foi constatado que a SD apresentou um grau de aproximação aos princípios da EAC. A temática dos polímeros e biopolímeros possibilitou que as atividades propostas levassem os participantes a refletirem de modo crítico sobre as questões sociais e ambientais, promovendo um engajamento mais profundo com o tema. Assim, verificou-se a possível interface e sinergia entre a STEM e a EAC no contexto analisado. Evidencia-se a relevância do estudo destes temas, associados com as questões socioambientais, contribuindo para tornar o ensino de Química mais colaborativo e crítico, uma vez que se consegue despertar o interesse dos estudantes em sala de aula, e incentivá-los a se preocupar com o ambiente em que habitam, criando uma conexão entre eles e reforçando o papel da educação em uma formação de cidadãos críticos e comprometidos com o planeta Terra.

Referências

- Anjos, A. L. (2023) Análise de uma sequência didática em STEM *education* sob o olhar da educação ambiental crítica. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Anjos, A. L. (2023) STEM *education* no ensino de Ciências utilizando a temática sobre polímeros e biopolímeros. Dissertação de Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.

Bergamaschi, C. L., Gonçalves, A. C. L. M., Campos, C. R. P., & Lyra Passos, M. S. (2022). O uso da metodologia STEAM em sala de aula na dimensão da educação ambiental no currículo: Reflexões iniciais. *Revista Pedagógica*, 24(1), 1–26.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.

Carvalho, I. C. M. (2004). Educação ambiental crítica: Nomes e endereçamentos da educação. In P. P. Layrargues (Coord.), *Identidades da educação ambiental brasileira* (pp. 13–24). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Diretoria de Educação Ambiental.

Chen, F., Zhu, L., & Liu, L. (2019). Design and evaluation of science teaching using STEM literacy. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, China, v. 371, p.116-123.

Chonkaew, P., Sukhummek, B., & Faikhama, C. (2019). STEM activities in determining stoichiometric mole ratios for secondary-school chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1182–1186.

Gerpe, R. L., Tamiasso-Martinhon, P., & Miranda, J. (2020). Agrotóxicos como tema gerador no processo de aprendizagem de química. *Ensino de Química em Revista*, 4. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química da UFRJ.

Guimarães, M. (2007). Educação ambiental: Participação para além dos muros da escola. In Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental & UNESCO (Orgs.), *Vamos cuidar do Brasil: Conceitos e práticas na educação ambiental*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

Heck, C. (2017) Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel. Dissertação de Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação. Universidade Federal de Santa Catarina.

Johnson, C. C. (2013). Conceptualizing integrated STEM education. *School Science and Mathematics*, 113(8), 367–368.

Lins, F. A. V., Oliveira, E. G., Batista, L. F., & Abrantes, A. L. F. (2019). O uso da metodologia STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) no ensino de química: Uma proposta a ser aplicada. In *Anais do VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*. Fortaleza: CONEDU.

Lima, G. F. (2009). Educação ambiental crítica: Do socioambientalismo às sociedades sustentáveis. *Educação e Pesquisa*, 35(1), 145–163.

Luz, W. C., & Tonso, S. (2015). *Construção de indicadores e parâmetros de educação ambiental crítica*. Anais do VIII Encontro Pesquisa em Educação Ambiental, 8, Rio de Janeiro, RJ.

Madke, P., Bianchi, V., & Frison, M. (2012). *Interação no espaço escolar: Contribuições para a construção do conhecimento escolar*. Brasil: Departamento de Ciências da Vida da Unijuí.

Queiroz, S. L., & Sacchi, F. G. (2020). *Estudos de caso no ensino de Ciências Naturais e na Educação Ambiental* (1^a ed.). São Carlos: Diagrama.

Quintas, J. C. (2006). Por uma educação ambiental emancipatória: Considerações sobre a formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental. In J. C. Quintas (Ed.), *Pensando e praticando a educação ambiental na gestão do meio ambiente* (3^a ed., pp. 204). Brasília: Ibama.

Silva, P. (2017). *Uso do programa STEM como alternativa de aprendizagem para alunos de 9º ano em escola pública e privada da rede de ensino de Joinville - Santa Catarina*. Trabalho de conclusão de curso, Especialização. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.

Ponzoni, A. S., Slaviero, A., Passos, C. G., & Sirtori, C. (2023). Unidades temáticas: Possibilidades para o desenvolvimento dos princípios da educação ambiental crítica. *Química Nova*, 46(10), 1005–1014.

Publiese, G. O. (2020). Um panorama do STEAM *education* como tendência global. In L. Bacich & L. Holanda (Orgs.), *STEAM em sala de aula: A aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica* (pp. 13–27). Porto Alegre: Penso.

Sánchez, D. L. V., & Martinez, A. G. (2021). Educación STEM, un campo de investigación emergente: Análisis bibliométrico entre 2010–2020. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(3), 195–219.

Souza, V. P., Ponzoni, A. S., & Passos, C. G. (2023). Os princípios da educação ambiental crítica a partir de uma sequência didática desenvolvida no estágio de docência em Química. In C. V. Fonseca, C. J. Scholl, & G. H. M. Grohs (Orgs.), *Estágios de docência na UFRGS (2017–2023): Experiências e perspectivas de nossas licenciaturas* (1^a ed., v. 1, pp. 316–342). Alegrete: Terried.

Sudan, D. C., & Zuin, V. G. (2022). Reflections on educational leadership for sustainability: A Brazilian case study. *Discover Sustainability*, 3(4), 1–13.

Tan, E., Barton, A. C., Kang, H., & O'Neill T. (2021). Desiring a career in STEM-related fields: How middle school girls articulate and negotiate identities-in-practice in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1143–1179.

Torres, P. L., & Irala, E. A. F. (2014). Aprendizagem colaborativa: Teoria e prática. In *Complexidade: Redes e conexões na produção do conhecimento* (pp. 61–93). Curitiba: Senar.