

A Experimentação na promoção da Educação para o Desenvolvimento Sustentável

Experimentation in promoting Education for Sustainable Development

Rosivânia da Silva Andrade

Universidade Federal de São Carlos
rosivaniandrade@gmail.com

Vânia Gomes Zuin

Universidade Federal de São Carlos
vaniaz@ufscar.br

Resumo

Diante do crescente interesse por práticas sustentáveis que associem a prosperidade econômica à responsabilidade social e ambiental, essa pesquisa de abordagem qualitativa tem o objetivo de identificar e estabelecer os Modelos de Aprendizagem para a Experimentação em Desenvolvimento Sustentável. A partir da análise de experimentos desenvolvidos por estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma Instituição de Educação Superior (IES) paulista, verificamos que seu foco ainda está no aprendizado do conceito químico e na incorporação dos princípios da Química Verde, o que não tem impulsionado a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (ESD). Portanto, é evidenciada a necessidade de implementar e analisar estratégias de sustentabilidade em práticas experimentais para contribuir na consolidação de um conhecimento profissional mais fundamentado e enriquecido na formação docente.

Palavras-chave: educação química, modelos de aprendizagem, experimentação, ESD, ensino superior

Abstract

In view of the growing interest in sustainable practices that associate economic prosperity with social and environmental responsibility, research with a qualitative approach aims to identify and establish Learning Models for Experimentation in Sustainable Development. From the analysis of experiments developed by students of the undergraduate Chemical from at a São Paulo, we found that the focus is still on learning the chemical concept and incorporating the principles of Green Chemistry, which has not driven Education for Sustainable Development (ESD). Therefore, there is a need to implement and analyze sustainability strategies in experimental practices to contribute to the consolidation of a more grounded and enriched professional knowledge in teacher training.

Key words: chemical education, learning models, experimentation, ESD, higher education

Introdução

Nas últimas décadas foi possível observar, nacional e internacionalmente, um crescente interesse, não só por parte da indústria, mas também por parte de instituições governamentais, de demais segmentos da sociedade e principalmente pela academia por práticas sustentáveis que associem a prosperidade econômica à responsabilidade social e ambiental

A Educação para o Desenvolvimento Sustentável (ESD) compreende questões de Desenvolvimento Sustentável (DS), como as mudanças climáticas e a biodiversidade, no ensino e na aprendizagem. Essa ação capacita as pessoas a mudarem a maneira como pensam e trabalham em prol de um futuro sustentável e assim os indivíduos são encorajados a serem atores responsáveis para que resolvam desafios, respeitem a diversidade cultural e contribuam para a criação de um mundo mais sustentável (UNESCO, 2005a).

Quando levamos em consideração o atual ensino de química, baseado na estrutura da disciplina e com foco no conteúdo, nos deparamos com um baixo índice de propostas educacionais relevantes para o DS. Assim, há a necessidade de integrar domínios cognitivos e afetivos, questões sociocientíficas, bem como perspectivas políticas e morais-filosóficas-existenciais (EILKS; ZUIN, 2018; ZUIN, et al., 2015; ZUIN et al., 2020).

A experimentação é um componente importante da educação científica desde o ensino básico até o superior, porque enriquece a formação de conceitos científicos, fomenta a investigação, favorece as habilidades de resolução de questões sociocientíficas e oportuniza o desenvolvimento de experiências formativas (ZUIN; ZUIN, 2017).

O estabelecimento da ESD através da experimentação pode contribuir para a construção de uma abordagem química mais adequada, assim como possibilitar que a implementação da Química Verde (QV) (ANASTAS; WARNER, 1998) não se reduza aos seus aspectos técnicos, mas que se estabeleça em uma relação de complementariedade, de forma a beneficiar as pessoas e o planeta, à medida em que busca atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A educação nesse sentido é vista por Rauch (2015) como modelo chave, pois encoraja os estudantes a participarem ativamente e reflitam sobre suas próprias ações quanto ao DS. Portanto, importa identificar os modelos de aprendizagem para a Experimentação alinhados à ESD e, principalmente, estabelecê-los para o ensino de química, de modo a analisar e compreender suas contribuições na formação docente em Química.

Modelos de Aprendizagem para a Experimentação em Desenvolvimento Sustentável

Os modelos de aprendizagem para a experimentação em DS têm como objetivo analisar se o experimento é impulsionado por questões ambientais e socialmente relevantes.

A necessidade de reorientar o ensino no sentido do DS é evidenciada desde a Agenda 21 (UNCED, 1992), estabelecida pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992. Nela foi descrita a fundamental importância do ensino para promover consciência ambiental e ética, valores e atitudes, técnicas e comportamentos em consonância com o DS (UNCED, 1992).

Para se abordar o DS voltado à Educação em Química, é importante considerar seis elementos, os quais foram baseados no *Guidelines and recommendations for reorienting teacher education to address sustainability* (UNESCO, 2005b) e no *Background of Education*

for *Sustainable Development* (UNESCO, 2005c):

Conhecimento: o ensino deve ter os conceitos base da química como suporte para entender os princípios da Química Verde e Sustentável.

Habilidades práticas: o ensino deve estar integrado aos princípios da Química Verde e Sustentável no contexto dos estudantes, para que saibam gerenciar e interagir com o ambiente nos domínios do DS.

Problemas: o ensino deve abordar questões locais e globais relacionadas às implicações sociais, econômicas e ambientais que ameaçam a sustentabilidade do planeta.

Pensamento crítico: o ensino deve possibilitar o reconhecimento, a comparação e a reflexão sobre a inserção da Química Verde e Sustentável nos conteúdos de química para desenvolver nos estudantes, habilidades que os permitam analisar as interações econômicas, sociais e ambientais de forma crítica.

Tomada de decisão: o ensino deve permitir que os alunos tenham a oportunidade de participar do planejamento e das decisões de problemas sociocientíficos, de modo a considerar as implicações econômicas, sociais e ambientais em que o problema se insere, como também considerar as diferentes percepções, além da sua, acerca do problema.

Valores: o ensino deve ter os valores que amparam o DS como dimensão orientadora, para que os estudantes entendam seus próprios valores, os valores da sociedade em que vivem e os valores dos outros, o que os permite serem membros responsáveis da sociedade.

Para a implementação do DS estabelecemos três modelos de aprendizagem para ESD em práticas experimentais (Quadro 1) baseados nos modelos básicos de abordagem de questões de sustentabilidade na Educação em Química (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012) e nos elementos para abordar o DS para a Educação em Química (UNESCO, 2005b; 2005c).

Quadro 1: Modelos de aprendizagem para a ESD em práticas experimentais

Modelo	Descrição	Elementos	Potencial de Aprendizagem sobre o DS	Potencial de Aprendizagem para o DS
1	Adoção da Química Verde nas práticas de laboratório	Conhecimento	Médio	Baixo
2	Adoção da Química Verde e da sustentabilidade como conteúdo na Educação Química	Habilidades Práticas; Problemas	Alto	Médio
3	Adoção de questões sociocientíficas que impulsionam a educação em química	Pensamento Crítico; Tomada de decisão; Valores	Alto	Alto

Fonte: Própria

No **Modelo 1**, adoção da Química Verde (QV) nas práticas de laboratório, os estudantes aplicam os princípios da QV em suas atividades experimentais, o que os possibilita aprender a minimizar o uso de recursos, maximizar os efeitos e proteger o meio ambiente a partir da aplicação da economia de átomos ou substituição de substâncias perigosas, por exemplo.

O elemento que constitui esse modelo se restringe ao conhecimento que permite aos estudantes a transformação de experimentos tradicionais em experimentos orientados pelos princípios da QV (UNESCO, 2005b; 2005c).

A contribuição desse modelo é mediana para o aprendizado sobre o DS e baixa para o DS (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012), pois está restrita à incorporação dos princípios da QV, sem ênfase na complexa interligação entre ciência, tecnologia e sociedade.

No **Modelo 2**, adoção de estratégia da Química Verde e da sustentabilidade como conteúdo na Educação Química, os estudantes aprendem sobre a Química Verde e suas contribuições para o DS. Os princípios químicos básicos por trás da Química Verde e suas aplicações se tornam parte do conceito por meio de uma abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente)

Os elementos que se fazem presente nesse modelo são as habilidades práticas e o problema, uma vez que o ensino é desenvolvido por meio de problemáticas locais, permitindo integrar os princípios da Química Verde à sustentabilidade. Essa integração permite que estudantes analisem as interações econômicas, sociais e ambientais de forma crítica (UNESCO, 2005b; 2005c).

Referente ao potencial de aprendizagem (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012), esse modelo tem alto potencial em relação à aprendizagem sobre o DS, por envolver problemas do cotidiano dos estudantes e médio potencial referente à aprendizagem para o DS, pois ainda não desenvolve no estudante a habilidade para se ter tomada decisão em situações socioambientais complexas.

O **Modelo 3**, adoção de questões sociocientíficas que impulsionam a educação em química, integra a aprendizagem química a partir de questões sociocientíficas, uma vez que inclui a base química do conhecimento e a reflexão social sobre sua aplicação prática. Esse modelo oportuniza o desenvolvimento de habilidades educacionais que permitem ao indivíduo participação ativa nos debates sociocientíficos além de abranger o desenvolvimento do pensamento crítico, tomada de decisão e valores, permitindo que estudantes participem do planejamento e das decisões de problemas sociocientíficos inseridos em seu contexto social, possibilitando-os atuarem como membros responsáveis da sociedade (UNESCO, 2005b; 2005c).

Esse modelo permite que os estudantes aprendam sobre o DS e para o DS com um alto potencial de aprendizado (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012), o que possibilita mais educação através da ciência, em vez da ciência através da educação. Nesse formato, a educação é usada como ferramenta para alcançar a sustentabilidade.

Portanto, a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (ESD) trata-se de incluir questões de Desenvolvimento Sustentável (DS), como as mudanças climáticas e a biodiversidade, no ensino e na aprendizagem. Essa ação capacita as pessoas a mudarem a maneira como pensam e trabalham em prol de um futuro sustentável. Os indivíduos são encorajados a serem atores responsáveis que resolvam desafios, respeitem a diversidade cultural e contribuam para a criação de um mundo mais sustentável (UNESCO, 2005a).

Delineamento metodológico para aplicação dos Modelos

Os modelos de aprendizagem para a ESD em práticas experimentais foram analisados em uma abordagem qualitativa como metodologia de investigação (FLICK, 2009) e envolvendo os estudantes da disciplina de Experimentação na Educação Química do curso de Licenciatura em Química de uma IES paulista.

Para o registro das atividades foi utilizado o método da observação participante, em suas três fases (SPRADLEY, 1980). Também foi utilizado o protocolo de situação para a obtenção de

descrições mais consistentes. Além disso, foi entregue aos estudantes um modelo para elaboração de uma proposta experimental.

A investigação foi organizada em cinco momentos. Iniciou-se a partir de discussões sobre como organizar e conduzir práticas experimentais que oportunizassem processos formativos alinhados à ESD. No segundo momento, ocorreu a seleção dos temas e seus respectivos experimentos e foi estruturada a proposta experimental. Em seguida, no terceiro momento, ocorreram os testes dos experimentos e as adaptações das propostas inicialmente desenvolvidas. No quarto momento, houve a aplicação das propostas experimentais para estudantes da Educação Básica, que ocorreu em uma Escola Técnica Estadual (ETEC) paulista. Por fim, no quinto momento, houve um processo formativo de análise sobre as condições propícias à ESD, a partir da redação de um relatório sobre a prática.

A abordagem para análise de dados utilizada nessa pesquisa compreendeu a análise textual discursiva, estruturada como um ciclo composto de três momentos: unitarização, categorização e metatextos (MORAES; GALIAZZI, 20016). Na unitarização os registros da observação, das propostas experimentais e dos relatórios foram separados em unidades de significado. Na categorização ocorreu a articulação de significados semelhantes das unidades de análise definidas. Por fim, foram gerados os metatextos que compõem os textos interpretativos, possibilitando uma compreensão acerca dos Modelos de Aprendizagem para a Experimentação alinhados à ESD na formação docente em Química.

Resultados e Discussões

Os Modelos de Aprendizagem para ESD identificados nas práticas experimentais desenvolvidas foram em sua maioria (9) orientados no Modelo 1, ou seja, o objetivo estava no aprendizado do conteúdo químico e na incorporação dos princípios da Química Verde.

Podemos apresentar como exemplo o experimento proposto pelo grupo G10 “Construindo uma escala de pH”, cujo objetivo central era:

Identificar o pH de um grupo de amostras a partir de um indicador universal produzido a partir de repolho roxo (Relatório G11, p.3).

Nessa proposta é realizada apenas a substituição de indicadores convencionais por indicadores correspondentes (uso doméstico) ou naturais, conferindo a incorporação da QV. Os estudantes foram, ao longo da construção, da testagem e da aplicação do experimento, capazes de reconhecer, comparar e refletir sobre a implementação dos princípios da QV no novo desenho experimental.

Um movimento dialógico de mudança de atitude e uma ampliação do conhecimento químico (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012) são oportunizados, mas não lhes garantem habilidades que permitam a tomada de decisão frente ao desenvolvimento tecnológico sustentável, uma vez que, não são engajados na natureza controversa da interação entre ciência, tecnologia e sociedade.

Em relação ao Modelo 2, foi identificada apenas uma proposta, “Síntese de bioplástico”, na qual é possível verificar a compreensão dos estudantes em um movimento CTSA, tomando as questões de sustentabilidade como parte do conteúdo:

Na problematização da relação entre plásticos e meio ambiente, demonstraram possuir uma conscientização ambiental, apontando os problemas causados em decorrência do descarte irregular, principalmente

nos oceanos, correlacionando ainda com medidas políticas da proibição de sacolas e canudos plásticos, e indicando práticas de reciclagem como uma possível forma de amenizar o problema. (Relatório G04, p.11)

As questões de sustentabilidade são incorporadas como parte dos conceitos químicos no contexto adequado para oferecer aos estudantes acesso a questões de sustentabilidade. Nessas abordagens, envolver o uso de um contexto social relevante nas práticas experimentais (ZUIN, et al., 2019) possibilita o desenvolvimento de habilidade gerais necessárias para participação em debates sociais sobre questões sociocientíficas emergentes, que não envolva tomada de decisões complexas.

Para o Modelo 3 também foi identificada apenas uma proposta, “O bioplástico é tech, é pop, é tudo?”, que foi desenvolvida pelo grupo G3 a partir de um *WebQuest*¹. Ele continha atividades de pesquisa, painel de discussão, quiz e orientações para o experimento. Essa proposta acerca dos impactos ambientais e sociais oriundos da poluição por materiais poliméricos sintéticos, apresentando a produção de bioplástico como alternativa a esse problema, tinha como um de seus objetivos de ensino:

Identificar a importância da implementação de novos desenvolvimentos de biomateriais levando em consideração fatores como os materiais utilizados na produção e suas aplicações. (Relatório G03, p.12)

A utilização de recursos metodológicos como o *WebQuest* e os Estudos de Caso viabilizam a integração de questões sociocientíficas em propostas experimentais, pois inserem os estudantes em um espiral de aprendizagem investigativo sobre os aspectos socioambientais e sobre os conhecimentos cientificamente relacionados.

As atividades práticas desenvolvidas por esses grupos indicaram as características para cada Modelo. Evidenciou-se que a simples substituição de substâncias e materiais por aqueles menos perigosos não garante habilidades críticas, pois não insere os estudantes na natureza controversa da interação entre ciência, tecnologia, ambiente e sociedade. Por sua vez, as práticas experimentais que adotam uma abordagem CTSA caminham para a ESD ao incorporarem as questões de sustentabilidade aos conceitos químicos, mas não envolvem tomada de decisões complexas. Portanto, para organizar e desenvolver uma prática experimental que adote as questões sociocientíficas, é necessário integrar abordagens metodológicas que permitam maior envolvimento e argumentação dos estudantes.

Esse cenário permite que a formação esteja para além do laboratório, oportunizando a responsabilidade de contribuir para as decisões sociais e para o discurso sobre a química e, ao mesmo tempo, de ajudar a desenvolver uma visão diferente, mais equilibrada e contemporânea da química na sociedade e na Educação Química (EILKS; SJÖSTRÖM; ZUIN, 2017).

Considerações

Os modelos de aprendizagem da ESD têm como objetivo proporcionar uma ressignificação das práticas experimentais, para que impulsionem questões ambientais e socialmente relevantes. Contudo é evidenciado que as práticas experimentais ainda estão focadas no aprendizado do conceito químico e na incorporação simplista dos princípios da Química Verde, o que não tem impulsionado a ESD.

¹ O *WebQuest* desenvolvido pelos estudantes sob orientação das autoras durante a disciplina de Experimentação na Educação Química pode ser acessado através do link <https://tgpedroza.wixsite.com/webquestbioplastico>

Portanto há uma necessidade de implementar e analisar estratégias de sustentabilidade integradas a questões sociocientíficas. Nessa perspectiva, as práticas experimentais colaboram na consolidação de um conhecimento profissional mais fundamentado e enriquecido na formação docente para compreensão sobre o trabalho experimental, a ciência Química e suas relações ambientais.

Agradecimentos e apoios

Aos estudantes e instituições participantes e à Capes pelo fomento à pesquisa.

Referências

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: theory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

BURMEISTER, M; RAUCHB, FRANZ; EILKSA, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, Inglaterra, v 13, p. 59–68, 2012.

EILKS, I.; SJOSTROM, J.; ZUIN, V. G. The responsibility of chemists for a better world: challenges and potentialities beyond the lab. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 12, p. 1-12, 2017.

EILKS, I.; ZUIN, V. G. Editorial overview: green and sustainable chemistry education (GSCE): lessons to be learnt for a safer, healthier and fairer world today and tomorrow. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 13, p. A4-A6, 2018.

FLICK, U. **Introdução a pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise textual discursiva**. 3ed. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2016.

RAUCH, F. Education for Sustainable Development and Chemistry Education. In: ZUIN, V. G., MAMMINO, L. (org.). **Worldwide Trends in Green Chemistry Education**, Londres: Royal Society of Chemistry, 2015. p. 17–19.

SPRADLEY, J. P. **Participant Observation**. New York: Rinehart and Winston, 1980.

UNCED. Reorientação do ensino no sentido do DS. p. 25-31. In: **Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasil, 1992. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654> Acesso em: 25 set. 2020.

UNESCO. Background of Education for Sustainable Development. p. 25-31. In: **International Implementation Scheme**. França: Section for Education for Sustainable Development, 2005c. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654> Acesso em: 25 set. 2020.

UNESCO. **Education for Sustainable Development**. 2005a Disponível em:
<https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development> Acesso em: 25 set. 2020.15 fev. 2019.

UNESCO. **Guidelines and recommendations for reorienting teacher education to address sustainability**. França, 2005b. Disponível em:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000143370> Acesso em: 25 set. 2020.

ZUIN, V. G.; SEGATTO, M. L.; ZANDONAI, D. P.; GROSSELI, G. M.; STAHL, A. ZANOTTI, K.; ANDRADE, R. S. Integrating Green and Sustainable Chemistry into Undergraduate Teaching Laboratories: Closing and Assessing the Loop on the Basis of a Citrus Biorefinery Approach for the Bio-circular Economy in Brazil. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 12, p. 2975-2983, 2019.

ZUIN, V. G.; ZUIN, A. A. S. O laboratório de Química como locus de experiências formativas. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. v. 19, p. 1-16, 2017.

ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A.; ROLOFF, F. B.; VIEIRA, M. S. DS, Química Verde e Educação Ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 10, p. 79-90, 2015.

ZUIN, V. G.; STAHL, A. ZANOTTI, K.; SEGATTO, M. L. Green and Sustainable Chemistry in Latin America: which type of research is going on? And for what?, **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 25, p. 2-16, 2020.