

Education

## Química, Ecotoxicologia e Escola: propostas interdisciplinares

### Chemistry, Ecotoxicology, and School: interdisciplinary proposals

Rafaela dos Santos Costa<sup>1\*</sup>, Gabrielle Rabelo Quadra<sup>2</sup>, Helena de Oliveira Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Biociências, Natal, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Juiz de Fora, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Departamento de Oceanografia Química, Rio de Janeiro, Brasil.

Recebido Dezembro 17, 2021; Aceito Maio 09, 2022

#### Resumo

A interdisciplinaridade ainda é considerada um desafio no ensino. Nessa perspectiva, a Ecotoxicologia se apresenta como uma ciência capaz de permear em diversas áreas, principalmente na Química. O objetivo deste estudo foi demonstrar através de uma revisão narrativa da literatura, a integração da Química com a Ecotoxicologia no ensino escolar. Este estudo pautou-se em artigos científicos e trabalhos acadêmicos realizados no Brasil e publicados em português. Identificamos metodologias expositivas, práticas e investigativas que fazem relação com a Química e outras disciplinas e problemas ambientais, que estão no cotidiano do aluno. Os professores que utilizam de propostas interdisciplinares relatam o sucesso em construir pensamentos e observações críticas por parte dos alunos sobre os temas discutidos. Por este motivo, a implementação de projetos com ensino interdisciplinar e aplicação de metodologias ativas devem ser encorajados. A aproximação entre as universidades e as escolas pode ser de grande utilidade para alcançar este objetivo, de forma que a melhor infraestrutura dos laboratórios e o conhecimento adquirido na universidade pode auxiliar na formação de cidadãos críticos e despertar o interesse e curiosidade pela ciência.

Palavras-chave: Educação ambiental; Problemas ambientais; Química no cotidiano; Ensino-aprendizagem; Aprendizagem baseada em problemas.

#### Abstract

Interdisciplinarity is still considered a challenge in teaching. From this perspective, Ecotoxicology presents itself as a science capable of permeating several areas, especially in Chemistry. The objective of this study was to demonstrate through a narrative literature review, the integration of Chemistry with Ecotoxicology in school education. This study was based on scientific articles and academic papers conducted in Brazil and published in Portuguese. We identified expository, practical and investigative methodologies that are related to chemistry and other subjects and environmental problems that are part of the student's daily life. Teachers who use interdisciplinary proposals report success in developing critical thoughts and observations by students on the topics discussed. For this reason, the implementation of projects with interdisciplinary teaching and the application of active methodologies should be encouraged. The approximation between universities and schools can be very useful to achieve this objective so that the best infrastructure of laboratories and the knowledge acquired at the university can help in the formation of critical citizens and arouse interest and curiosity for science.

Keywords: Environmental education; Environmental problems; Chemistry in daily life; Teaching-learning; Problem-based learning.

\*Corresponding author: Rafaela dos Santos Costa <rafaela.costa.bio@live.com>

## INTRODUÇÃO

Mesmo com todas as ferramentas atuais disponíveis para facilitar a educação, ainda se observa um ensino isolado de disciplinas, o que caracteriza uma visão reducionista do aprendizado. O ensino monodisciplinar não compactua com os processos que envolvem as problemáticas ambientais, econômicas e políticas, ou seja, problemas complexos que a sociedade atual enfrenta. Diferente dos termos “disciplina”, “multi” e “pluridisciplinaridade”, a interdisciplinaridade propõe interligar conhecimentos de áreas diferentes, exigindo uma análise da complexidade de um todo (Estrada *et al.* 2016). Apesar da maioria das propostas curriculares no Brasil ainda serem organizadas em disciplinas, desde 1997, por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), já se contemplava a integração entre elas (Brasil, 1997). A interdisciplinaridade foi colocada como fundamental nos PCNs especialmente em assuntos de grande importância social, os chamados temas transversais, como o meio ambiente (Brasil, 1997).

O ensino interdisciplinar pode favorecer o engajamento dos alunos na busca de soluções para os problemas ambientais e de hábitos sustentáveis. Além disso, a integração de saberes pode atender as demandas atuais tanto para a formação do indivíduo como cidadão, quanto profissional, resultando em alunos transformadores, protagonistas e autodidatas (Boscatto & Darido, 2017). A partir da construção de pensamentos críticos, será possível dar um passo à frente para o alcance das metas da Agenda 2030. A Agenda 2030 foi adotada em setembro de 2015 por 193 Estados Membros da Organização das Nações Unidas (ONU), quando foram traçados 17 objetivos e 169 metas de ação global para alcance até 2030 (ODS Brasil). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) abrangem as dimensões ambientais, econômicas e sociais, como por exemplo, a erradicação da pobreza e da fome, igualdade de gênero, cidades e comunidades sustentáveis, trabalho decente e crescimento econômico, consumo e produção responsáveis, água potável e saneamento, vida na água e vida terrestre (Nações Unidas Brasil). Dessa forma, é um plano de ação universal com objetivos interconectados que abordam os principais desafios enfrentados no mundo. O ensino interdisciplinar tem muito a contribuir para o alcance desses objetivos.

Além do ensino interdisciplinar, o uso de metodologias ativas, no qual os discentes são atuantes nas descobertas, seja por investigação ou resolução de problemas, também podem favorecer o processo de ensino-aprendizagem (Capellato *et al.* 2019). A aprendizagem baseada em problemas (ABP) é um modo de metodologia ativa e propõe uma abordagem de problemáticas cotidianas em que os alunos são atuantes para a resolução das mesmas (Walker *et al.* 2015; Magalhães, 2018). A ABP está contemplada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e é fundamentada em pilares como fatores sociais, formação do conhecimento, convivência com as situações reais, motivação intrínseca e metacognição (Ribeiro, 2008; Magalhães & Pereira, 2019). Essa abordagem possibilita ações de cooperação e engajamento entre os discentes, onde o

docente atua de forma a facilitar o processo de aprendizagem conduzindo as atividades (Seibert, 2021). A ABP também estimula o papel de protagonista dos alunos na tomada de decisões, do autoaprendizado e capacidade crítica, que serão importantes para a vida do aluno, inclusive profissionalmente (Magalhães & Pereira, 2019). A ABP tem sido aplicada com sucesso em escolas de outros países (Magalhães & Pereira, 2019). No Chile, por exemplo, a utilização da ABP demonstrou um maior envolvimento dos discentes na resolução de problemas cotidianos e maior facilidade na assimilação do conhecimento (Williams *et al.* 2007). De forma similar, a ABP foi aplicada na Austrália em projetos com enfoque em tecnologia e design de energia solar. Os discentes tiveram acesso a materiais que abordavam essa temática, se dividiram em grupos, pesquisaram possibilidades de aplicações de tecnologias solares e desenvolveram um protótipo. Os autores destacam que a aplicação da ABP favoreceu as experiências mais próximas com o mercado de trabalho, como atividades em grupo e soluções práticas para aplicações de tecnologias solares (Williams *et al.* 2007).

Dentro desse contexto de interdisciplinaridade e ABP, o campo da Ecotoxicologia apresenta grande potencial aplicação. A Ecotoxicologia é uma ciência interdisciplinar, compartilhando conhecimentos das áreas de Ecologia, Biologia, Química, Bioquímica, Fisiologia, Estatística, Oceanografia, Limnologia, entre outras (Zagatto, 2014). A Ecotoxicologia é um dos ramos da Toxicologia, que avalia os efeitos de produtos químicos do nível molecular até o ecológico (Champan, 2002; Beketov & Liess 2012), auxiliando na avaliação e prevenção de impactos dos poluentes no ambiente (Zagatto & Bertolotti, 2014). O campo da Ecotoxicologia apresenta implicações, inclusive, para a conservação de espécies ameaçadas e avaliação de riscos à saúde humana. Com o aumento do uso de substâncias químicas na nossa sociedade atual associada a outros fatores como mudanças climáticas e exploração dos recursos naturais, tem se verificado um desafio dentro da Ecotoxicologia para compreender todos esses impactos sobre a biota (Tlili & Mouneyrac, 2021). Portanto, a utilização dessa área dentro do ensino pode auxiliar na formação de cidadãos críticos e atuantes.

A Ecotoxicologia tem suas bases na Química, uma vez que estuda a interação e o comportamento das substâncias químicas nos organismos e no ambiente (Silva *et al.* 2015). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi descrever como a Química está relacionada com a Ecotoxicologia e, adicionalmente, como essa relação tem sido aplicada no ensino, por meio de uma revisão narrativa com base em trabalhos científicos realizados no Brasil.

## A RELAÇÃO DA QUÍMICA COM A ECOTOXICOLOGIA

A Química está presente em diferentes processos do nosso cotidiano (Oliveira *et al.* 2010) e, apesar de todos os avanços na área, o uso de substâncias químicas pode trazer prejuízos à humanidade. Isso fica evidenciado com os acidentes relacionados ao uso de substâncias químicas como Chernobyl, Exxon Valdez e em Minamata (Ali & Khan, 2016). Uma imensa quantidade de produtos químicos é utilizada pela humanidade para diversos fins (Montagner *et al.* 2019). O ramo da Ecotoxicologia começou a se destacar na década de 60, depois dos relatos da bióloga Rachel Carson em seu livro *Primavera Silenciosa*, sendo um de seus achados os possíveis impactos ecológicos do pesticida DDT (diclorodifeniltricloroetano) (Sparling, 2017). Além da toxicidade, assunto muito investigado pela Ecotoxicologia, muitos compostos químicos podem apresentar potencial de biomagnificação, ou seja, são transferidos ao longo da cadeia trófica, representando um risco também para a saúde humana (Chen & Wilcox, 2008).

Uma das áreas de abordagem da Ecotoxicologia é a compreensão dos impactos gerados por agentes químicos por meio de testes ecotoxicológicos. O objetivo desses ensaios, que podem ser agudos ou crônicos, é verificar os efeitos de substâncias sobre organismos-testes. Os testes de toxicidade aguda são utilizados para verificar os efeitos em um curto tempo de exposição, que geralmente varia entre 24 e 96 horas (Sparling, 2017). Os efeitos comumente observados nesses ensaios são a mortalidade e imobilidade dos organismos (Costa *et al.* 2008; Sparling, 2017). Já nos testes de toxicidade crônica, verifica-se o efeito em um período de exposição prolongado, geralmente contemplando o ciclo de vida do organismo-teste ou parte dele (Sparling, 2017). Neste caso, as substâncias podem causar danos comportamentais ou fisiológicos afetando, por exemplo, a reprodução, crescimento, ou outros processos vitais (Aragão & Araújo, 2008; Sparling, 2017).

A Ecotoxicologia não é limitada a ensaios de laboratório. A Ecotoxicologia de campo, por exemplo, trata da quantificação dos compostos químicos em matrizes abióticas ou bióticas (Walker *et al.* 2012). Nestes estudos é possível fazer inferências das fontes poluidoras, áreas afetadas, toxicidade, bioacumulação, além da realização de avaliações espaciais e temporais (Gewurtz *et al.* 2011; Walker *et al.* 2012). A Ecotoxicologia ainda engloba a análise dos dados, momento no qual a padronização e interpretação do material levantado ocorre e são realizadas as avaliações de risco e modelagens (Schmitt-Jansen *et al.* 2008; Newman, 2014). Essas linhas de pesquisa se interligam, mesmo que através da literatura, buscando relacionar as medidas ambientais a um efeito biológico e vice-versa.

A incorporação da Ecotoxicologia no ensino também pode subsidiar discussões que norteiam a prática da Educação Ambiental. A Educação Ambiental engloba competências como o conhecimento e sensibilização para reconhecer as

problemáticas ambientais e auxiliar em formas de mitigação (Varela-Candamio *et al.* 2017). Assim, os indivíduos passam a perceber as diferentes faces dos desafios ambientais e, conseqüentemente, desenvolvem habilidades para tomada de decisões (Varela-Candamio *et al.* 2017). A Educação Ambiental está abarcada nos PCNs e, juntamente com outras ciências, favorece a compreensão das questões ambientais em escalas locais e até mesmo em perspectivas globais (Gerpe *et al.* 2017). A Ecotoxicologia e a Educação Ambiental se encontram com ideais da Ecologia Profunda, contemplando a visão do todo (Silva, 2004). A Ecologia Profunda apresenta a gestão ambiental com base na gestão de hábitos e desejos humanos (Silva, 2004). Ao trazer problemas cotidianos e demonstrar que algumas ações podem prejudicar o ambiente, é possível observar mudanças construtivas (Silva, 2004). Esse conhecimento integrado também poderá favorecer a educação para o desenvolvimento sustentável. De forma integrada, abordam-se diferentes dimensões, tais como: estímulo do pensamento crítico e uma visão sistêmica, formação de discentes em ambientes educacionais que atuem como agentes de transformação, qualificação de cidadãos globais agindo local e globalmente para auxiliar na solução das questões ambientais (UNESCO, 2014).

## A INSERÇÃO DA ECOTOXICOLOGIA NO ENSINO DE QUÍMICA

A Ecotoxicologia pode ser inserida no ensino de Química agregando com o pensamento crítico dos alunos, já que aborda conteúdos relevantes e presentes no cotidiano. De acordo com Pereira e Ferreira (2018), o ensino por meio de temáticas possibilita a desmistificação da Química, já que os estudantes apresentam dificuldades em estudar alguns conteúdos por apresentarem definições abstratas. A seguir estão descritos alguns exemplos de grupos químicos e seu uso de forma integrada (Química e Ecotoxicologia) nas salas de aula, de forma que auxiliaram o processo ensino-aprendizagem.

### *Metais*

Os metais, além de serem encontrados naturalmente, apresentam inúmeras aplicações nos setores industriais, na agricultura, na medicina e na tecnologia e, como consequência, apresentam ampla distribuição ambiental (Tchounwou, 2014). Os metais são persistentes e muitos apresentam potencial de bioacumulação (Ayangbenro & Babalola, 2017), representando um risco para a saúde humana e ambiental (Ashraf *et al.* 2017). Apesar de alguns metais serem essenciais para a vida, outros podem ser tóxicos mesmo em baixas concentrações (Ayangbenro & Babalola, 2017). Diante da complexidade deste grupo químico, a contextualização dessa temática pode ser inserida no ensino, tendo em vista a relação da Química com o ambiente (Lima & Merçon, 2011).

Um experimento realizado no ambiente escolar com alunos do ensino médio por Palácio *et al.* (2013) investigaram os efeitos de soluções aquosas contendo cobre sobre as raízes de cebolas, onde foi possível verificar impactos no crescimento e constatou-se que as altas concentrações apresentaram efeitos deletérios na planta estudada. Guimarães (2019) ressalta que a utilização de um experimento contribui para a aprendizagem significativa, já que estimula os alunos à prática da investigação.

Carvalho *et al.* (2016) aplicaram questionários em alunos do ensino médio no município de Soure, no estado do Pará, para identificar os conhecimentos prévios sobre descarte de pilhas e baterias dos alunos e os impactos ambientais relacionados. Posteriormente, foram realizadas palestras com recursos audiovisuais sobre a problemática destes resíduos, como o descarte indevido e consequências ambientais. Como atividades finais, os alunos confeccionaram lixeiras para recolhimentos de diferentes tipos de resíduos, dentre eles pilhas e baterias, tendo a escola se responsabilizado por encaminhar para o descarte adequado. O final da atividade culminou na produção de texto para a avaliação da proposta implementada. Como resultado, os autores mencionam que as discussões sobre problemas no cotidiano proporcionam a sensibilização dos discentes e o interesse por proteger o ambiente e disseminar o conhecimento adquirido.

Santos *et al.* (2020) desenvolveram a crônica “O metal alumínio: da bauxita à reciclagem” e aplicaram em sala de aula do segundo ano do ensino médio na cidade de Salvador, no estado da Bahia. A crônica apresenta conteúdos relacionados à ligação metálica e propriedades dos metais, fazendo relação com temas crítico-sociais que envolvem os catadores de latinhas. Além disso, nessa produção textual, a temática ambiental também é levantada quando se trata dos impactos ambientais da bauxita na extração, como a emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e a produção do resíduo tóxico denominado de lama vermelha, que contamina corpos hídricos. A crônica indica a importância da reciclagem das latinhas de alumínio para diminuição desses impactos. Durante a leitura feita pelos alunos, os mesmos discutiam sobre os temas quando eram indagados pela professora. A metodologia apresentou entre 80 e 90% de aprovação dos alunos de acordo com o resultado de um questionário que avaliou a atividade.

Os professores também podem utilizar estudos de casos atuais, como as rupturas das barragens de rejeitos de Mariana e Brumadinho, e relacionar com dados de concentração de metais detectados no ambiente. Estes casos ocorridos no Brasil possuem ampla aplicação pelas diversas abordagens da Química e consequências socioambientais e, portanto, apresentam potencial para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. O trabalho realizado por Amaral e Baldoria (2020), com a temática de acidentes com barragens, gerou como resultado *workshops* por alunos de ensino médio. Dentre os temas e a construção do desenvolvimento dos *workshops* foi possível identificar que os alunos precisaram pesquisar conteúdos relacionados à Química, História, Meio Ambiente e entre outros.

### **Contaminantes emergentes**

Os contaminantes emergentes começaram a ser investigados dentro da Ecotoxicologia graças aos avanços e aprimoramentos da Química Analítica, que permitiram a detecção destes compostos no ambiente (Montagner *et al.* 2017). Os contaminantes emergentes agrupam novos e antigos compostos que estão se tornando uma preocupação devido aos estudos de detecção e toxicidade. Além disso, os contaminantes emergentes não são regulados, ou seja, os limites máximos para suas concentrações ambientais, usualmente, não são definidos por leis (Farré *et al.* 2008; Geissen *et al.* 2015). São considerados contaminantes emergentes, por exemplo, os produtos de cuidado pessoal, medicamentos, hormônios, pesticidas, surfactantes, aditivos industriais, toxina de algas, nanomaterias, entre outros (Naidu *et al.* 2016; Richardson & Kimura, 2019).

Um estudo desenvolvido por Raupp e colaboradores (2019) fez uma aproximação da temática dos contaminantes emergentes dentro do ensino de Química. Foram realizadas diferentes atividades com uma turma de ensino médio da região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, através da exposição do problema. As atividades posteriores constaram uma visita a Estação de Tratamento de Água, desenvolvimento de relatório, explicação dos conceitos de funções orgânica e confecção de cartazes explicativos sobre descarte de diferentes produtos. Os autores destacam que as atividades desenvolvidas favoreceram uma conexão da problemática com o cotidiano dos alunos, tornando o ensino mais abrangente (Raupp *et al.* 2019).

### **Agrotóxicos**

Os defensivos agrícolas, pesticidas ou agrotóxicos são substâncias químicas utilizadas para controlar e repelir pragas (Brovini *et al.* 2021). Devido ao seu amplo uso na agricultura, apresentam risco de contaminação ambiental, bem como riscos para a saúde humana, seja pelo manejo ou através do consumo (Domingues *et al.* 2004; Carneiro *et al.* 2015). Quando encontrados no ambiente, os agrotóxicos apresentam toxicidade para diferentes organismos, o que já foi verificado por diversas pesquisas (Milan *et al.* 2018; Faria *et al.* 2021; Portinho *et al.* 2021). Portanto, tendo em vista a relevância ambiental e a contínua utilização dos agrotóxicos, é importante relacionar o tema no ensino da Química, principalmente na sensibilização de alunos que vivem em regiões agrícolas (Braibante & Zappe, 2012).

Os professores de ensino médio podem explorar a relação da Química com os agrotóxicos utilizando diversos conteúdos programáticos como por exemplo, notação e nomenclatura química, histórico do átomo, tabela periódica, ligações químicas, soluções, equilíbrio químico, entre outros (Braibante & Zappe, 2012). Puga (2014) propôs para os três anos do ensino médio, além de vídeos e debates sobre os impactos dos agrotóxicos, uma atividade experimental

de comparação entre duas hortas presentes na escola, uma com e outra sem tratamento de óxido de cálcio (cal). Nesta atividade, foi possível observar as diferenças de pH no solo ocasionado por aditivos químicos, sendo ressaltado como as propriedades químicas dos solos podem ser alteradas pelo uso indiscriminado de substâncias.

Cavalcanti *et al.* (2009) propõem uma prática de ensino para o nível médio explorando a temática dos agrotóxicos com a Química, onde foram realizados seminários, questionários, leitura e discussão de textos para fomentar debates em que se questionava se os pesticidas são “mocinhos” ou “vilões”, além de contextualizar a rotina dos agricultores. De acordo com Cavalcanti *et al.* (2009), as atividades didáticas culminaram em uma melhor compreensão e absorção dos conteúdos por parte dos alunos. Similarmente, Faria (2021) desenvolveu com os alunos do ensino médio de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, um júri simulado dividindo a turma entre advogados da defesa, advogados da acusação e corpo de jurados. A atividade foi desenvolvida a partir de conhecimentos adquiridos após a apresentação de vídeos, documentários e discussões sobre, por exemplo, o aspecto físico de frutas com e sem o uso de agrotóxicos. Os alunos também fizeram pesquisas sobre fórmulas moleculares e história da evolução dos agrotóxicos, além de buscar a opinião de especialistas. Dessa forma, os discentes construíram suas argumentações positivas ou negativas quanto ao uso dos agrotóxicos. Após ouvir as argumentações, o corpo de jurados fez seu posicionamento em relação aos agrotóxicos serem “heróis” ou “vilões”. Os júris simulados auxiliam no entendimento dos pontos negativos e positivos de determinado assunto, sendo necessário avaliar, com base nas argumentações, se os pontos favoráveis superam os desfavoráveis ou não. Essa prática desafia os alunos a convencer o júri sobre determinada posição, exigindo um grande preparo prévio. Além de praticar a fala argumentativa, promove um momento de aprendizagem ativa, contribuindo para o pensamento crítico e reflexivo e a construção de relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Faria, 2021).

### **Fármacos**

Os fármacos são princípios ativos de medicamentos utilizados na medicina humana e veterinária (Liu & Wong, 2013). Após a ingestão, parte dos medicamentos são absorvidos pelo organismo e parte é excretada, no entanto, as estações de tratamento de esgoto convencionais não apresentam tecnologias para a remoção desses produtos completamente (Baresel *et al.* 2016). Como resultado, os medicamentos chegam até o ambiente e podem representar um risco para a biota (Thiebault *et al.* 2017). Adicionalmente, alguns hábitos da população também têm contribuído para a entrada de medicamentos no ambiente, como a automedicação e o descarte incorreto de medicamentos (Quadra *et al.* 2019; Millarhouse *et al.* 2020).

Como forma de aproximar a temática da automedicação no âmbito escolar, Silva e Pinheiro (2011) discutiram a questão

da automedicação em turmas do segundo ano do ensino médio do município de São João del-Rei, Minas Gerais. Os autores realizaram a leitura de textos e desenvolveram perguntas sobre o assunto, análise de bula de medicamentos, exposição de vídeos e exibição de fórmulas estruturais de determinados medicamentos. Segundo os autores, todas as atividades visaram sensibilizar os discentes sobre os riscos envolvendo a automedicação, fazendo uma contextualização com o ensino de Química (Silva & Pinheiro, 2011).

Em relação à prática de descarte de medicamentos, uma atividade foi desenvolvida por Hoppe e Araújo (2012) na cidade de Agudo, no estado do Rio Grande do Sul. A atividade buscou investigar a prática de disposição dos medicamentos por familiares dos discentes do ensino fundamental do sexto ao nono ano. Foi verificado que o descarte das 50 famílias envolvidas no estudo era inadequado, feito através do lixo comum. De forma similar, o estudo conduzido por Trindade (2013), com alunos do ensino médio, na cidade de Sobradinho, também localizada no estado do Rio Grande do Sul, verificou através de um questionário que 47% dos 117 alunos do ensino médio, descartavam medicamentos de forma inadequada, como na pia ou no tanque. O descarte incorreto de medicamentos é fruto da falta de informação da população e de políticas públicas para coleta de medicamentos (Quadra *et al.* 2019). Uma breve contextualização sobre o descarte incorreto e suas consequências ambientais foi eficiente para mudar atitudes de farmacêuticos (Jarvis *et al.* 2009). Dessa forma, discutir a poluição por fármacos desde o ensino básico apresenta um potencial para reduzir a via de poluição por fármacos através do descarte incorreto.

### **Produtos de limpeza**

Os surfactantes estão bastante presentes em nosso cotidiano, visto que são constituintes de diferentes produtos como, por exemplo, os detergentes de limpeza (Miura *et al.* 2008; Chen *et al.* 2019). Alguns estudos reportados na literatura têm mostrado os efeitos tóxicos desses compostos em algas, anfípodas e cladóceros (Azizullah *et al.* 2013; Sobrino-Figueroa, 2018).

Sousa e Simões (2016) propuseram uma aula experimental de Química para o ensino básico com o objetivo de verificar, por meio de um bioensaio, a toxicidade de soluções aquosas de detergente, em diferentes concentrações, sobre a germinação do feijão. Os autores verificaram a inibição na germinação do feijão, evidenciando o efeito tóxico das soluções a base de detergente. A atividade favoreceu a inserção de conhecimentos químicos e foi exposto a estrutura molecular do composto testado. Adicionalmente, como o teste consistia na germinação do feijão foi possível estabelecer uma relação com a Biologia (Sousa & Simões, 2016).

Ribeiro e colaboradores (2010) desenvolveram uma série de atividades com alunos do ensino básico de uma escola pública com a parceria de estudantes de licenciatura em



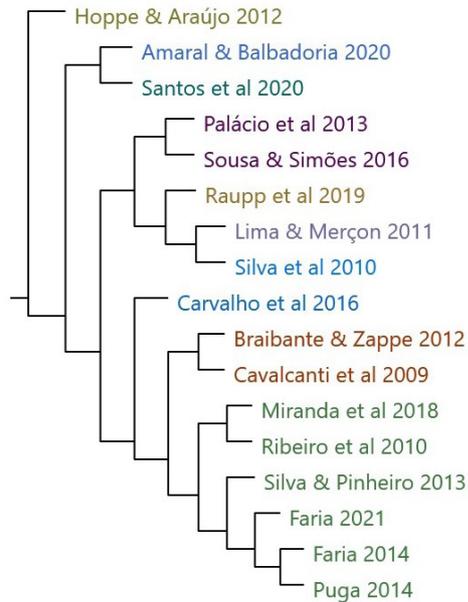


Figura 2- Análise de cluster de similaridade de palavras gerada com base nos estudos avaliados.

Com base no exposto, espera-se que o presente trabalho sirva de inspiração para os professores, com diversas possibilidades de aplicação de temáticas ambientais de forma contextualizada com o cotidiano dos alunos (Figura 3). Essas atividades apresentam potencial de contribuição para o processo de ensino-aprendizagem e sensibilização ambiental.



Figura 3- Resumo das temáticas abordadas no presente estudo demonstrando a relação da Química com a Ecotoxicologia.

Fonte: Desenvolvidos pelos autores nos softwares Canva e PowerPoint.

## CONCLUSÕES

A Ecotoxicologia, devido ao seu caráter interdisciplinar, apresenta grande potencial para questionamento e reflexão frente às questões ambientais. Somando a isso, a aproximação destas questões com cotidiano do aluno facilita o aprendizado. As metodologias utilizadas nos trabalhos levantados se encaixam com a aprendizagem baseada em problema, o que vai de encontro com as propostas sugeridas pela BNCC. A maioria das propostas utilizadas proporcionam a discussão entre os alunos como experimentos, seminários/palestras e debates, o que permite o desenvolvimento de um pensamento crítico e avaliação de hábitos pessoais diários frente a situações que possam impactar o ambiente.

De maneira geral, grande parte das aulas propostas foram aplicadas no ensino médio, provavelmente devido a conceitos mais aprofundados tanto da Química quanto de outras disciplinas, como a Biologia. Vale ressaltar que as atividades executadas estabeleceram relações com outras disciplinas além da Química, como disciplinas das Ciências Exatas, Biológicas e Humanas, como História e Arte, o que corrobora com o potencial interdisciplinar da Ecotoxicologia. Justamente pelo aspecto interdisciplinar e potencial de inserção na educação ambiental, muitos temas podem ser trabalhados no ensino fundamental, com aplicação de conceitos mais básicos das disciplinas dentro de um contexto dos impactos ambientais gerados por produtos utilizados no cotidiano. Os temas implementados nas aulas apresentam grande potencial para engajamento dos alunos na busca de soluções para as problemáticas ambientais e na busca de hábitos sustentáveis, o que vai de encontro com muitos temas abordados nas metas da Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Há necessidade de implementação de projetos educacionais que estimulem a prática interdisciplinar e atividades práticas com estímulo do aprendizado construído por meio de problemas ambientais, com o objetivo de construção de pensamentos críticos. De forma semelhante, projetos de extensão em Ecotoxicologia nas universidades, com o objetivo de divulgar essa área no ambiente escolar, podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. Esta aproximação, ainda, apresenta grande potencial para despertar o interesse por profissões na área da ciência.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**RSC:** Conceituação, investigação, curadoria de dados, metodologia e escrita. **GRQ:** Revisão e edição. **HDOS:** Curadoria de dados, supervisão, escrita e revisão.

## REFERÊNCIAS

- Ali H, Khan E. 2017. Environmental chemistry in the twenty-first century. *Environ Chem Lett.* 15(2): 329-346. <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0601-3>
- Amaral CLC, Baldoria TA. 2020. Pedagogia de projetos na compreensão das consequências socioambientais de acidentes com barragens. *RPD.5(3):1927-1943.* <https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2020.v5.n3.p1927-1943.id833>
- Aragão MA, Araújo RPA. 2008. Métodos de toxicidade com organismos aquáticos. In: Zagatto, PA, Bertoletti E. *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações.* São Carlos: Editora Rima.
- Ashraf MA, Hussain I, Rasheed R, Iqbal M, Riaz M, Arif MS. 2017. Advances in microbe-assisted reclamation of heavy metal contaminated soils over the last decade: a review. *J Environ Manage.* 198: 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.060>
- Ayangbenro AS, Babalola OOA. 2017. New strategy for heavy metal polluted environments: a review of microbial biosorbents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14(1):94. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010094>
- Azizullah A, Richter P, Ullah W, Ali I, Häder, DP. 2013. Ecotoxicity evaluation of a liquid detergent using the automatic biotest ECOTOX. *Ecotoxicology.* 22(6): 1043-1052. <https://doi.org/10.1007/s10646-013-1091-8>
- Baresel C, Malmborg J, Ek M, Sehlén R. 2016. Removal of pharmaceutical residues using ozonation as intermediate process step at Linköping WWTP, Sweden. *Water Sci Technol,* 73 (8): 2017-2024. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.045>
- Beketov MA, Liess M. 2012. Ecotoxicology and macroecology—time for integration. *Environ Poll.* 162: 247-254. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.11.011>
- Boscatto JD, Darido SC. 2017. A educação física no ensino médio integrado à educação profissional e tecnológica: percepções curriculares. *Pensar Prát.* 20(1):99-11. <https://doi.org/10.5216/rpp.v20i1.39029>
- Braibante MEF, Zappe JA. 2012. A química dos agrotóxicos. *Quím. Nova Esc.* 34(1): 10-15.
- Brasil. 1997. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF.
- Brovini EM, de Deus BCT, Vilas-Boas JA, Quadra GR, Carvalho L, Mendonça RF, Pereira RO, Cardoso SJ. 2021. Three-best-seller pesticides in Brazil: Freshwater concentrations and potential environmental risks. *Sci. Total Environ.* 771:144754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144754>
- Capellato P, Silva R, Larissa M, Sachs D. 2019. Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem utilizando seminários como ferramentas educacionais no componente curricular química geral. *Res Soc Dev.* 8: 2525-3409. <https://doi.org/10.33448/rsdv8i6.1090>
- Carneiro FF, Rigotto RM, Augusto LGS, Friedrich K, Búrigo AC. 2015. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro/ São Paulo: EPSJV/ Expressão Popular.
- Carvalho GK., Santo MSDE, Souza LOD, Diniz VWB, Souza, RFD. 2016. Educação Ambiental e os resíduos eletrônicos: Percepções de estudantes do ensino médio de Soure, Pará, Brasil. *Sci Plena.* 12(6):1-9. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.069918>
- Cavalcanti JA, Freitas JD, Melo AD, Freitas Filho JD. 2010. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de Química. *Quím. Nova Esc.* 32(1): 31-36.
- Chapman PM. 2002. Integrating toxicology and ecology: putting the “eco” into ecotoxicology. *Mar. Pollut. Bull.* 44 (1), 7-15. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00253-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00253-3)
- Chen C, Wilcox BA. 2008. Ecotoxicology of methylmercury: A transdisciplinary challenge. *EcoHealth,* 5:393-395. <https://doi.org/10.1007/s10393-009-0214-4>
- Chen Y, Wang C, Dong S, Jiang L, Shi Y, Li X, Zou W, Tan Z. 2019. Microbial community assembly in detergent wastewater treatment bioreactors: Influent rather than inoculum source plays a more important role. *Bioresour Technol.* 287:121467. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121467>
- Costa CR, Olivi P, Botta CM, Espindola EL. 2008. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Quim Nova,* 31: 1820-1830. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700038>
- Domingues MR, Bernardi MR, Ono EYS, Ono MA. 2004. Agrotóxicos: risco à saúde do trabalhador rural. *Semina Ciênc Biol Saúde.* 25(1):45-54. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2004v25n1p45>
- Estrada MLC, Rejas MJR, Urias EU. 2016. Abrir las aulas: el vínculo entre docencia, investigación y vinculación comunitaria. *RBE.* 21(66): 737-758. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782016216638>
- Faria M, Bedrossiantz J, Ramírez JRR, Mayol M, García GH, Bellot M, Prats E, Garcia-Reyero N, Gómez-Canela C, Gómez-Oliván LM, Raldúa D. 2021. Glyphosate targets fish monoaminergic systems leading to oxidative stress and anxiety. *Environ Int.* 146:106253. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106253>
- Faria GADS. 2021. O ensino de química por meio de metodologias ativas no contexto dos polímeros e agrotóxicos. [Dissertação] - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- Faria DA. 2014. O plástico como um tema gerador no ensino de química. [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais.
- Farré M, Pérez S, Kantiani L, Barceló D .2008. Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. *Trac trend Anal Chem* 27:991–1007. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.09.010>

- Geissen V, Molb H, Jumppe E, Umlauf G, Nadale M, PloefaMVD, Van de Zee SEATM, Ritsema CJ. 2015. Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. *Intern Soil Water Conser Res* 3:57–65. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.002>
- Gerpe RL, Coelho FJF, Rocha As, Tamiasso-Martinhon P, Souza C. 2017. Educação Ambiental e o Ensino de Química: contextualização e construção de modelos. *R Scient Hist*. 1: e198. [https://doi.org/10.51919/revista\\_sh.v1i1.198](https://doi.org/10.51919/revista_sh.v1i1.198)
- Gewurtz SB, Backus SM, Bhavsar SP, McGoldrick DJ, Solla SRD, Murphy, EW. 2011. Contaminant biomonitoring programs in the Great Lakes region: review of approaches and critical factors. *Environ Reviews*, 19:162-184. <https://doi.org/10.1139/a11-005>
- Guimarães CC. 2009. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Quím Nova Esc*.31(3):198-202.
- Hoppe TRG. 2011. Contaminação do meio ambiente pelo descarte inadequado de medicamentos vencidos ou não utilizados. *REMOA*. 6 (6):1248-1262.
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Law KL. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347(6223):768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jarvis CI, Seed SM, Silva M, Sullivan KM. 2009. Educational campaign for proper medication disposal. *J. Am. Pharm. Assoc*. 49 (1): 65–68. <https://doi.org/10.1331/JAPhA.2009.08032>
- MA P, Wei Wang M, Liu H, Feng Chen Y, Xia J. 2019. Research on ecotoxicology of microplastics on freshwater aquatic organisms. *Env Pollut Bioavail*. 31(1):131-137. <https://doi.org/10.1080/26395940.2019.1580151>
- Milan M, Dalla Rovere G, Smits M, Ferrareso S, Pastore P, Marin MG, Bogialli T, Patarnello T, Bargelloni L, Matozzo V. 2018. Ecotoxicological effects of the herbicide glyphosate in non-target aquatic species: transcriptional responses in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Environ Pollut*. 237: 442-451. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.049>
- Lima VF, Merçon F. 2011. Metais pesados no ensino de química. *Quím. Nova Esc*. 3 (4): 199-205.
- Liu J-L, Wong M-H. 2013. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a review on environmental contamination in China. *Envir Inter*. 59:208-224. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.06.012>
- Lopes RM, Hauser-Davis RA, Oliveira MM, Pierini MF, Souza CAMS, Cavalcante, ALM, Santos CR, Comarú MW, Tinoca LAF. 2020. Principles of problem-based learning for training and professional practice in ecotoxicology. *Sci. total Environ*. 702: 134809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134809>
- Magalhães W, Magalhães DS, Carvalho JA, Monteiro JJG, Castro CDM. (2018). M-learning as a Motivational Method in Music Education. *The Fourth International Conference on Human and Social Analytics*. 92: 23-39.
- Magalhães WDAM, Pereira, ALSO. 2019. Uso da aprendizagem baseada em problemas no ensino técnico: projetos integradores como experiência interdisciplinar. *EDUCITEC*. 5(12): 274-287. <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i12.836>
- Millarhouse AZ, Vatovec C, Niles MT, Ivakhiv A. 2020. What's in Your Body of Water? A Pilot Study Using Metaphoric Framing to Reduce the Psychological Distance in Pharmaceutical Pollution Risk Communication. *Envir Manag*. 65 (5): 630-641. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01275-8>
- Miranda JL, Gomes F, Almeida CDD, Gerpe R. 2018. O Antropoceno, a educação ambiental e o ensino de química. *Rev. Virtual Quim*. 10(6):1990-2004. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180126>
- Miura K, Nishiyama N, Yamamoto A. 2008. Aquatic environmental monitoring of detergent surfactants. *J. Oleo Sci*. 57 (3): 161-170. <http://doi.org/10.5650/jos.57.161>
- Montagner CC, Sodré FF, Acayaba RD, Vidal C, Campestrini I, Locatelli MA, Pescara IC, Albuquerque AF, Umbuzeiro GA, Jardim WF. 2019. Ten years-snapshot of the occurrence of emerging contaminants in drinking, surface and ground waters and wastewaters from São Paulo State, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc*. 30(3):614-632. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20180232>
- Montagner CC, Vidal C, Acayaba RD. 2017. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Quím Nova*. 40(9): 1094-1110. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>
- Naidu R, Espana VAA, Liu Y, Jit J. 2016. Emerging contaminants in the environment: risk-based analysis for better management. *Chemosphere*. 154:350-357. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.068>
- Nações Unidas Brasil. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Available at: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Newman MC. 2014. *Fundamentals of Ecotoxicology—The Science of Pollution*. CRC Press.
- Noguera-Oviedo K, Aga DS. 2016. Lessons learned from more than two decades of research on emerging contaminants in the environment. *J Hazard Mater* 316: 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.058>
- Oliveira JSD, Martins M M, Appelt HR. 2010. Trilogia: Química, Sociedade e Consumo. *Quím. Nova Esc*. 32 (3):140-144.
- ODS Brasil. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Available at: [https://odsbrasil.gov.br/home/agenda#:~:text=Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel%20\(ODS,forma%20integrada%20e%20inter%2Drelacionada](https://odsbrasil.gov.br/home/agenda#:~:text=Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel%20(ODS,forma%20integrada%20e%20inter%2Drelacionada)
- Palácio MS, Cunha BM, Espinoza-Quinones RF, Nogueira DA. 2013. Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para a sala de aula. *Quím. Nova Esc*. 35(2): 79-83.

- Portinho JL, Oliveira HN, Branco CCZ. 2021. Resting egg banks can facilitate recovery of zooplankton communities after short exposure to glyphosate. *Ecotoxicology*. 30 (3):492-501. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02371-z>
- Puga I. 2014. Educação ambiental no ensino de química: propostas de atividades para escola pública. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade de Brasília, Brasília.
- Quadra GR, Silva PSA, Parnaíba JR, Josué LLP, Souza H, Costa R, Fernandez M, Vilas-Boas. J, Roland F. 2019. Investigation of medicines consumption and disposal in Brazil: A study case in a developing country. *Sci. Total Environ*. 671:505-509. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.334>
- Raup DT, Lima LDB, Campo, LF. 2019. Abordando a temática poluição hídrica no Ensino Médio: uma proposta de sequência didática com foco nos contaminantes emergentes para o ensino de funções orgânicas mistas. *RBECM.2(2)*:407-430. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v2i2.10015>
- Rather IA, Kim BC, Bajpai VK, Park YH. 2017. Self-medication and antibiotic resistance: Crisis, current challenges, and prevention. *Saudi J Biol Sci*. 24(4):808-812. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.004>
- Ribeiro EMF, Maia JDO, Wartha EJ. 2010. As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes. *Quím. Nova Esc*. 32 (3): 169-175.
- Ribeiro, L. R. D.C.2008 Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior. (Eds.) São Carlos: EDUFSCar.
- Richardson SD, Kimura SY. 2019. Water analysis: emerging contaminants and current issues. *Anal. Chem*. 92 (1): 473-505. <https://doi.org/10.1021/ac9008012>
- Rodriguez-Narvaez OM, Peralta-Hernandez JM, Goonetilleke A, Bandala ER. 2017. Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chem Eng J*. 323, 361-380. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.106>
- Santos MCBS, Conceição AS, Miguêz LDS, Pereira MDG, Araujo, GCD .2020. Construção e aplicação de uma crônica-“O metal alumínio: da bauxita à reciclagem”-para o ensino e a aprendizagem de ligação metálica e propriedades dos metais. *Braz. J. Dev*. 6 (12): 101559-101574. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-593>
- Schmitt-Jansen M, Veit U, Dudel G, Altenburger R. 2008. An ecological perspective in aquatic ecotoxicology: Approaches and challenges. *BAAE.9(4)*:337-345. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.08.008>
- Silva AFD, Soares TRDS, Afonso JC. 2010. Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio. *Quím Nova Esc*.32(1):37-42.
- Silva MLMD, Pinheiro PC. 2013. A educação química e o problema da automedicação: relato de sala de aula. *Quím Nova Esc*.35(2): 92-99.
- Sparling DW.2017. Basics of ecotoxicology. CRC Press.
- Soares SDA, Vinholi Júnior AJ.2018. Agrotóxicos: uma proposta interdisciplinar no ensino médio em uma escola do campo no distrito de Ipezal/MS. *Itinerarius Reflectionis*. 14 (1): 01-23.
- Sobrinho-Figueroa A. 2018. Toxic effect of commercial detergents on organisms from different trophic levels. *Environ Sci Pollut Res*. 25 (14):13283-13291. <http://doi.org/10.1007/s11356-016-7861-0>
- Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia. 2021. Nota técnica nº 01/2021. Orientação para uso de termos “ecotoxicology”, “ecotoxicity”, “ecotoxicologia” e “ecotoxicidade” nas publicações nacionais e internacionais sobre Ecotoxicologia. Available at: <https://ecotoxbrasil.org.br/comunicacao-tecnica/46/nota-tecnica-n-1/>.
- Sousa GL, Simões ASM. 2016. Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Quím Nova*. 38 (1):79-83. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160012>
- Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. In Luch A. (eds) *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. Experientia Supplementum, Springer: Basel.
- Thiebault T, Chassiot L, Fougère L, Destandau E, Simonneau A, Van Beek P, Souhaut, M, Chapron E. 2017. Record of pharmaceutical products in river sediments: a powerful tool to assess the environmental impact of urban management? *Anthropocene*. 18:47-56. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.05.006>
- Tlili S, Mouneyrac C. 2021. New challenges of marine ecotoxicology in a global change context. *Mar. Pollut. Bull*. 166: 112242. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112242>
- Trindade MS. 2013. Descarte final de medicamentos: a percepção dos alunos de uma escola pública de Sobradinho, RS. [Trabalho de conclusão de curso]. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Varela-Candamio L, Novo-Corti I, García-Alvarez MT. 2018. The importance of environmental education in the determinants of green behavior: A meta-analysis approach. *J Clean Prod*. 170:1565-1578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.214>
- Vasseur P, Masfaraud J.-F, Blaise C. 2021. Ecotoxicology, revisiting its pioneers. *Environ Sci Pollut Res*. 28 (4): 3852-3857. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11236-7>
- Walker CH, Sibly RM, Peakall DB. 2012. Principles of ecotoxicology. CRC press,
- Walker C.2012. Ecotoxicology: effects of pollutants on the natural environment. CRC Press, 2014.
- Walker A, Leary H, Hmelo-Silver C. 2015. Essential readings in problem-based learning. West Lafayette: Purdue University Press
- Williams PJ, Iglesias J, Barak M. 2007. Problem based learning: application to technology education in three countries. *Int J Technol Des Educ*. 18:319–335. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9028-2>

Zagatto PA, Bertoletti, E.2014. Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações. (Eds.) São Carlos: Rima.

Seibert SA. Problem-based learning: A strategy to foster generation Z's critical thinking and perseverance. *Teach Learn Nurs.* 16:85-88. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2020.09.002>

Silva DCVRD, Pompêo M, Paiva TCBD.2015. A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil. In Pompêo M, Mochini-Carlos V, Nishimura PY, Silva SCD, Dolval JCL. *Ecologia de reservatórios e interfaces.* Instituto de Biociência da Universidade Federal de São Paulo.

Silva, JMD. 2004. *Ecologia Profunda da Ecofilosofia à Política Ambiental.* In: Varandas MJ, Beckert C. *Éticas e políticas ambientais.* Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.

Sparling DW.2017. *Basics of ecotoxicology.* CRC Press.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2014. *UNESCO roadmap for implementing the global action programme on education for sustainable development.*

