

# **UM PANORAMA SOBRE A FORMAÇÃO EM QUÍMICA VERDE E SUSTENTÁVEL EM CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE INSTITUIÇÕES FEDERAIS NO RIO GRANDE DO SUL**

*AN OVERVIEW OF GREEN AND SUSTAINABLE CHEMISTRY EDUCATION IN POSTGRADUATE COURSES AT FEDERAL INSTITUTIONS IN RIO GRANDE DO SUL*

*UN PANORAMA SOBRE LA FORMACIÓN EN QUÍMICA VERDE Y SOSTENIBLE EN CURSOS DE POSGRADO DE INSTITUCIONES FEDERALES EN RIO GRANDE DO SUL*

**MARCUS EDUARDO MACIEL RIBEIRO**

Doutorado em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul) – Novo Hamburgo – RS.

[marcusemr@gmail.com](mailto:marcusemr@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-5974-3050>

**CARLOS ALBERTO MARQUES**

Doutorado em Scienze Chimiche pela Università Degli Studi Di Venezia. Professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – SC.

[bebetomarques07@gmail.com](mailto:bebetomarques07@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4024-7695>

Recebido em: 03/05/2025

Aceito em: 04/09/2025

Publicado em: 11/12/2025

## **Resumo**

Reporta-se aqui uma investigação sobre a presença da Química Verde e Sustentável nos processos de formação continuada de professores de Química, destacando e problematizando o papel que a pós-graduação pode e precisa ter nesse tema fulcral à sustentabilidade socioambiental. O levantamento foi feito em programas de pós-graduação em institutos e universidades federais no estado do Rio Grande do Sul. Por meio da análise documental em projetos políticos pedagógicos de cursos e de ementas de disciplinas de cursos, buscou-se identificar o tipo de presença e discussões envolvendo a Química Verde e Sustentável nos cursos de pós-graduação nas áreas da Química, Ensino de Química e de Ciências daquele estado. Da análise percebeu-se a oferta limitada de disciplinas sobre Química Verde e Sustentável na pós-graduação, a necessidade de diversificação metodológica e a importância da formação continuada e do currículo atualizado para os professores.

**Palavras-chave:** Química verde e sustentável; Ensino de Química; Formação de professores; Pós-graduação.

## Abstract

This study investigates the presence of Green and Sustainable Chemistry in the continuing education processes of Chemistry teachers, highlighting and questioning the role that postgraduate education can and must play in this key theme for socio-environmental sustainability. The research was conducted in postgraduate programs at federal institutes and universities in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Through documentary analysis of pedagogical political course projects and course syllabi, the study aimed to identify the type of presence and discussions related to Green and Sustainable Chemistry in postgraduate courses in Chemistry, Chemistry Education, and Science Education in that state. The analysis revealed a limited offering of courses on Green and Sustainable Chemistry in postgraduate programs, the need for methodological diversification, and the importance of continuing education and an updated curriculum for teachers.

**Keywords:** Green and sustainable chemistry; Chemistry education; Teacher training; Postgraduate studies.

## Resumen

Este estudio investiga la presencia de la Química Verde y Sostenible en los procesos de formación continua de los profesores de Química, destacando y cuestionando el papel que la educación de posgrado puede y debe desempeñar en este tema clave para la sostenibilidad socioambiental. La investigación se llevó a cabo en programas de posgrado en institutos y universidades federales en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil. A través del análisis documental de proyectos políticos pedagógicos de cursos y de programas de asignaturas, se buscó identificar el tipo de presencia y las discusiones relacionadas con la Química Verde y Sostenible en cursos de posgrado en Química, Enseñanza de la Química y Educación en Ciencias en ese estado. El análisis reveló una oferta limitada de asignaturas sobre Química Verde y Sostenible en la educación de posgrado, la necesidad de diversificación metodológica y la importancia de la formación continua y de un currículo actualizado para los docentes.

**Palabras clave:** Química Verde y sostenible; Enseñanza de la Química; Formación de profesores; Estudios de posgrado.

## 1 Introdução

---

Química Verde e Sustentável<sup>1</sup> (QVS) constitui um campo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em evolução, sendo definida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) como a “invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas”. Sousa-Aguiar *et al.* (2014, p. 1257) ampliam a definição e apresentam a QVS com o objetivo de “desenvolver as ações científicas e/ou processos industriais ecologicamente corretos”. Anastas e Warner (1998), precursores da Química Verde (QV), configuram esse campo como

---

<sup>1</sup> Nesse texto assume-se a denominação Química Verde e Sustentável (QVS) por entendermos que discussões sobre sustentabilidade são inerentes à compreensão da Química Verde (QV). Porém, por vezes mantém-se a grafia original, QV, quando se trata de citação de outro autor. Desse modo, no texto podem ser encontradas as formas QV e QVS. Além disso, inicialmente, nos anos de 1980, adotava-se ainda o termo Química Verde, cujo objetivo principal era enfrentar o problema da poluição química, estando mais fortemente ligada aos objetivos do desenvolvimento sustentável.

de inovação química, orientado por 12 princípios, cujo primeiro é o da prevenção por meio principalmente do design molecular. Warner, Cannon e Dye (2004, p. 86) reforçam que “em grande medida, o surgimento da literatura orientada pelos 12 Princípios da Química Verde está criando a base de conhecimento e as ferramentas para transformar a prática da Química”. No campo de inovações tecnológicas, a adoção de princípios e a implementação de resultados da QVS podem colaborar com a preservação do meio ambiente, a partir de novos processos industriais voltados ao desenvolvimento sustentável (DS) – como proposto no Relatório Brundtland da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991). Sheldon (2008, p. 3352), também um expoente da QVS, afirma que a intenção da QV se mostra quando esta “utiliza de forma eficiente matérias-primas (preferencialmente renováveis), elimina resíduos e evita o uso de reagentes e solventes tóxicos e/ou perigosos na fabricação e aplicação de produtos químicos”.

O papel da QVS e, ao mesmo tempo, a complexidade dos aspectos ambientais vem sendo gradativamente reconhecidos pelos chamados químicos verdes, tanto nos aspectos mais técnicos quanto nos aspectos sociais, econômicos e educacionais. Para Clark (1999), químicos, engenheiros, biólogos e outros profissionais podem trabalhar em conjunto para encontrar soluções inovadoras que reduzam o impacto ambiental da indústria química, promovendo eficiência energética e garantindo segurança dos processos e produtos. Cunha (2014) considera que o desenvolvimento de produtos e processos químicos que atendam aos desafios sociais, econômicos e ambientais atuais exige uma abordagem interdisciplinar.

Já Zuin e Kümmerer (2021, p. 77, tradução nossa) defendem currículos de Química mais sustentáveis, pois “se a Química pretende contribuir eficazmente para o desenvolvimento de um mundo mais sustentável, é essencial que seja ensinada num contexto socioeconômico e ecológico mais amplo”. Portanto, a complexidade desafia o campo da QVS a buscar avanços sociotécnicos, o que implica valorizar a colaboração entre diferentes áreas do conhecimento.

Marques e Machado (2021) discutiram os avanços da compreensão da QVS quando dos 25 anos de sua emergência e reconhecimento pela área da química. Segundo esses autores, nesse período a QVS consolidou sua identidade com uma crescente participação da academia e quando ampliou seu escopo inicial de responder ao problema da poluição química. Para eles, a QVS foi gradualmente se inserindo no conceito de sustentabilidade, buscando uma abordagem mais holística na busca por soluções sustentáveis, apesar de ainda estar ligada ao seu enfoque original mais reducionista, ou seja, de visão mais técnica.

Para grande parte da comunidade química, a QVS é vista e aceita como um campo transversal de pesquisas inovadoras, o que é reforçado pela organização estratégica de um Comitê Interdivisional na International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)<sup>2</sup>, o qual busca abranger todas as áreas clássicas da química.

Vários estudos de acompanhamento da QVS vêm sendo publicados (GCH, 2018). Anastas (2011) analisa 20 anos da QV e problematiza sua natureza transformativa ou incremental. Um estudo de revisão sobre os 25 anos da QV foi feito por Marques e Machado (2021), que apontam para sua evolução em termos de resultados de pesquisa e adoção destes no meio industrial, mas destacam a incipiente adoção no campo do ensino. Anastas (2021, p. 16005) analisa os 30 anos da QV e seus propósitos iniciais, afirmando que esse campo de pesquisa vem fazendo sua parte e contribuindo efetivamente com soluções inovativas em QV e engenharia verde para os complexos problemas ambientais, muito mais que apenas identificar, conhecer, medir, avaliar ou monitorar.

Os estudos de revisão e da história da QVS enfatizam que ela se tornou mais conhecida e valorizada entre os químicos. Todavia, Marques e Machado (2018) afirmam que, apesar de suas intenções positivas, a QVS enfrenta desafios significativos por conta de questões relacionadas à Segunda Lei da Termodinâmica. Entre essas dificuldades está a impossibilidade prática de regenerar completamente todos os recursos naturais – matéria e energia –, o que implica que as atividades econômicas geram consequências ambientais negativas inevitáveis. Esses pontos ressaltam a complexidade da aplicação da QV em um contexto de sustentabilidade. Desse modo, reformatar a química nessa perspectiva significa também formar uma geração de novos químicos – bacharéis, licenciados, químicos industriais e engenheiros –, comprometidos com a busca da sustentabilidade, ainda que apresente inevitáveis limitações impostas pelas leis termodinâmicas. Isso particularmente impacta e gera demandas à formação de professores de Química e Ciências (Cunha, 2014), envolvendo também a pós-graduação – como salientado desde a emergência da QV, nos anos de 1990.

Conforme Marques e Machado (2021), a educação em QVS vem sendo gradativamente reconhecida por sua relevância, embora ainda não tenha sido explorada em toda sua potencialidade devido à sua especificidade e amplitude. Os autores defendem que “A educação em Química Verde requer maior inserção nos currículos de Química; isso é essencial

---

<sup>2</sup> Disponível em: <https://iupac.org/body/041/>. Acesso em: 22 set. 2025.

para sua expansão e consolidação” (Marques; Machado, 2021, p. 25, tradução própria). Porém há desafios, como a estagnação nos currículos de Química, o que evidencia a necessidade de modernização, e, nesse contexto, a QVS desponta como uma oportunidade para avanços significativos, direcionando esforços para o desenvolvimento de materiais pedagógicos e estratégias de ensino.

Em relação ao ensino de QVS em estudos de pós-graduação, Summerton, Hunt e Clarck (2013) exploram aspectos relativos às habilidades adquiridas em determinadas disciplinas, com potencial para que surjam oportunidades profissionais em indústrias químicas. A crescente demanda por produtos químicos, a dificuldade de reposição dos recursos naturais, legislações mais rígidas e os custos crescentes de descarte de resíduos estariam pressionando as indústrias a operarem de maneira mais sustentável, segundo os autores. Haack e Hutchinson (2016), ao comentarem sobre educação nos 25 anos da QV, recordam que “embora haja uma série de esforços para incorporar a Química Verde nos níveis K-12 e de pós-graduação, a maioria das atividades têm sido ao nível da licenciatura” (2016, p. 5889, tradução própria). Ou seja, os pesquisadores destacaram ainda a existência de lacunas quanto à QVS na pós-graduação. Marques *et al.* (2020) destacam que os principais destinatários de 313 propostas sobre ensino e formação publicadas em 286 artigos no *Journal of Chemical Education*, até 2019, referem-se às licenciaturas (247 artigos), e cinco artigos a cursos de pós-graduação; acrescentando que a “imprecisão quanto ao nível de escolaridade e aos grupos-alvo pode indicar problemas no alcance e na qualidade da formação sugerida” (Marques *et al.*, 2020, p. 1516). Por fim, destaca-se a pesquisa de Vaz, Girotto Junior e Pastre (2024) sobre a QVS no ensino superior (ES) do Brasil. Das 370 instituições que mantêm curso de Química, 40 delas oferecem disciplinas exclusivas de QV, sendo 12 disciplinas em cursos de pós-graduação e mais 17 como componentes curriculares de QV.

Tem-se defendido que a meta principal do ensino de QVS é formar cidadãos críticos e conscientes, motivando reflexões sobre as implicações ambientais e sociais. Wiek, Withycombe e Redman (2011) defendem a ideia de que seja importante a ação conjunta de cientistas e cidadãos para criar visões de sustentabilidade e desenvolver estratégias cientificamente possíveis. As atividades pedagógicas devem ser projetadas para desenvolver habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e decisões conscientes (Marques *et al.*, 2014). Sandri e Santin-Filho (2019) afirmam que a QVS pode oportunizar aos estudantes uma formação voltada à cidadania, a partir de sua participação reflexiva e consciente.

A compreensão dos princípios de sustentabilidade e sua integração no ensino de QVS são questões centrais nessa discussão. É relevante que se destaque a importância de uma perspectiva holística e crítica sobre sustentabilidade que incorpore limites termodinâmicos e paradigmas ecológicos (Marques; Machado, 2014, Roloff; Marques, 2018). Adota-se aqui a definição de desenvolvimento sustentável proposta no Relatório Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987), ou seja, é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades. No entanto, percebem-se variações nas compreensões sobre os limites termodinâmicos e a relação entre a degradação de energia útil e sustentabilidade ambiental, o que indica necessidade de maior clareza e integração desses conceitos na formação docente (Marques *et al.*, 2014). Esses autores defendem, ainda, a necessidade de integrar de forma explícita os princípios termodinâmicos nos currículos de formação de professores, permitindo uma aplicação prática desses conceitos para promover sustentabilidades.

Desse modo, nossa investigação se estabelece a partir da observação em relação à presença da QVS nos processos de formação continuada de professores de Química, destacando e problematizando, em especial, o papel que a pós-graduação em nível *stricto sensu* pode e precisa ter nesse contexto. Para tanto, procurou-se construir uma resposta para o seguinte problema: como se percebe a discussão sobre QVS nos cursos de pós-graduação nas áreas da química, ciências e seus ensinamentos nas instituições federais no estado do Rio Grande do Sul?

Nesse sentido, este artigo investiga a necessidade de aprofundamento das discussões sobre o ensino de QVS nos programas de pós-graduação na área da química e ensino de química e de ciências nas instituições públicas federais localizadas no estado do Rio Grande do Sul.

Este artigo se organiza em mais quatro seções, além desta introdução. A seguir, desenvolvemos uma discussão sobre formação docente e ensino da QVS. Em seguida, apresentamos uma seção com os procedimentos metodológicos, divididos em três pilares de discussão, e outra seção com os resultados da pesquisa. Ao final, apresentam-se as considerações finais.

## **2 Formação docente e ensino da Química Verde e Sustentável**

---

Desde sua emergência, a QVS vem ampliando o interesse e aumentando produções científicas como foco na inovação técnica e aperfeiçoamento da Química (Marcelino, 2020). As produções acadêmicas relacionadas à formação profissional e no ensino da Química, formal

e não formal, têm também crescido. Segundo um estudo de Zuin *et al.* (2021), entre 1998 e 2021 foram mais de 520 artigos envolvendo a educação em QVS – incorporando também a denominação de “educação química sustentável” –, dos quais 5,7% foram publicados por acadêmicos brasileiros. Gunbatar *et al.* (2025) também encontraram resultados a respeito do ensino de QVS. Esses pesquisadores afirmam que, no total, analisaram 49 estudos, focando nas características gerais da formação e analisando-os por meio da perspectiva do conhecimento pedagógico do conteúdo. Os resultados indicaram que a química orgânica é a área mais destacada nesses artigos. No entanto, poucos estudos forneceram informações sobre as dificuldades e concepções errôneas dos estudantes. Além disso, embora a maioria dos estudos incluísse atividades laboratoriais, poucos se concentraram na avaliação das habilidades dos estudantes. Os autores sugerem que o treinamento em QVS poderia se beneficiar mais da literatura sobre estratégias de ensino de ciências/química e da utilização de ferramentas de avaliação alternativas.

Neste capítulo, apresentaremos aspectos que sustentam nossa discussão, como formação docente em QVS e algumas estratégias didáticas para o ensino da QVS.

## 2.1 Formação docente em Química Verde e Sustentável

---

Em relação à formação de professores de Química, vários estudos identificavam a pouca oferta, na década passada, de disciplinas que contemplem a QVS (Marques; Machado, 2018; Maximiano *et al.*, 2009; Zuin, 2013). Além da pouca quantidade de disciplinas, a metodologia empregada nas que eram ofertadas também pode ser discutida. Gunbatar *et al.* (2025) afirmam que há mais de 25 anos a formação em QVS tem sido disponibilizada, porém ainda há debates na literatura sobre suas características. Esses pesquisadores afirmam que, apesar dos esforços dos educadores para implementar o ensino de QVS, ele ainda se mostra de forma descoordenada.

Assim, a integração de conceitos de QVS no currículo da pós-graduação em Química ainda está em processo de evolução, e a formação docente em QVS enfrenta desafios críticos e apresenta importantes oportunidades.

Para Marques *et al.* (2014), integrar os princípios de sustentabilidade no ensino de QVS não só enriqueceria o currículo formativo como também prepararia futuros químicos, incluindo professores de Química, para os desafios ambientais contemporâneos. Os autores afirmam que formar profissionais com sólida compreensão de QV pode promover práticas de

ensino e de pesquisa que minimizem impactos ao meio ambiente, e que o compartilhamento de experiências e práticas pode enriquecer a compreensão e aplicação desses princípios ao ensino da Química. Salientam que “é igualmente importante o desenvolvimento de estudos que envolvam a inserção de temas ambientais e de aspectos interdisciplinares ao ensino de Química” (Marques *et al.*, 2014, p. 82), o que também favoreceria que a formação docente em QVS fosse capaz de promover abordagem interdisciplinar e holística, integrando os seus princípios com outras disciplinas e contextos educativos. Isso resulta em formação docente ampliada e com práticas sustentáveis para instruir cidadãos críticos e conscientes (Melo; Souza, 2022).

A formação continuada dos profissionais da química com os ideais da QVS, com base nas produções acadêmicas, pode desempenhar um papel relevante na promoção de um ambiente educativo voltado à sustentabilidade.

Melo e Souza (2022) percebem uma carência substancial de disciplinas de QVS nos cursos de formação de professores de Química, o que resulta em lacunas notáveis na Educação Básica, na qual os estudantes não são expostos aos conceitos essenciais de QVS. Isso é corroborado por Almeida *et al.* (2019) e, especialmente, por Roloff e Marques (2018, p. 79) ao afirmarem que “há certa timidez em estudos e relatos de experiências ligadas ao seu ensino [de QVS] e há pequena presença nos currículos de formação dos químicos”. Esses pesquisadores aumentam a compreensão sobre essa questão. Para eles, podem ser identificadas diferentes motivações de autores que pesquisam o ensino de QVS. Essa diversidade de abordagens e sugestões pode promover formas de ensinar química de maneira mais sustentável, sugerindo que a circulação dessas ideias possa contribuir nos processos formativos (Roloff; Marques, 2018).

Clark (1999) afirma que educadores de Química mais bem-sucedidos serão aqueles que conseguirem valorizar a QVS no ensino. Nesse sentido, Wiek, Withycombe e Redman (2011) afirmam que não se consegue comprovar nas publicações que os graduados em Química sejam suficientemente qualificados para enfrentar problemas de sustentabilidade. Da mesma forma, Anastas e Kirchhoff (2002) defendem a importância de treinar os atuais e futuros químicos para que desenhem produtos e processos com uma maior consciência do impacto ambiental.

Para Melo e Souza (2022), uma forma para mitigar lacunas surgidas na formação dos químicos pode ser a apresentação de reformulação dos currículos universitários a fim de incluir



disciplinas específicas de QVS, possibilitando que futuros professores estejam bem preparados para ensinar esses princípios.

Nota-se, aqui, que se faz uma aproximação de QVS com a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Porém, defende-se a necessidade de um afastamento inicial do ensino de QVS na formação docente das ideias ainda defendidas pela perspectiva CTS, sendo relevante que se redefina o conteúdo programático dessa proposta (Melo; Souza, 2022). A inclusão de disciplinas que tratem da QVS não só enriqueceria a formação dos professores, mas também promoveria uma educação mais focada na sustentabilidade. A incorporação de QVS nos currículos pode incentivar a mudança de mentalidade de professores, estudantes e da sociedade em geral, promovendo práticas de ensino que minimizem os impactos ambientais de forma sustentável (Melo; Souza, 2022).

Além da inclusão de QVS no currículo universitário, é importante oferecer programas de formação continuada para os professores em exercício, mesmo que seja em nível de pós-graduação *stricto sensu*. Para Melo e Souza (2022), esses programas ampliariam a compreensão sobre QVS e suas estratégias pedagógicas, proporcionando recursos e conhecimentos atualizados que facilitariam a integração desses conceitos nas aulas.

Para Misiaszek e Rodrigues (2022), a persistência de determinadas narrativas antiambientais destaca a necessidade de reavaliarmos a formação dos professores do ES. Os autores defendem a importância de que os docentes estejam preparados para abordar temas complexos como as mudanças climáticas e a degradação ambiental, propondo algumas questões problematizadoras ao ensino, dentre as quais destacam-se os enquadramentos (des)legitimados e (des)priorizados de “sustentabilidade”, “desenvolvimento” e “desenvolvimento sustentável”; as políticas de (in)sustentabilidade que afetam as pedagogias e os currículos do ES; e os papéis e responsabilidades do ES na condução da práxis de sustentabilidade dos alunos.

Percebe-se uma crescente preocupação de enquadramento da ação científica nos objetivos da sustentabilidade de parte da comunidade científica, visando uma atuação que promova a alfabetização crítica e ambiental, inclusive na área da química. Por fim, a integração das produções em QVS no ensino da química é essencial para preparar seus profissionais para os desafios ambientais contemporâneos, destacando a importância dos princípios de sustentabilidade e transdisciplinaridade nos currículos formativos. Para superar limitações encontradas nessas propostas, crescem na literatura as recomendações de (re)formulações curriculares (Marques; Machado, 2021; Marques *et al.*, 2020), visando o fortalecimento da

formação continuada e incorporação de perspectivas interdisciplinares, em uma perspectiva de cidadania crítica e sustentável. É o que trataremos na seção a seguir.

## **2.2 Algumas estratégias didáticas para o ensino da Química Verde e Sustentável**

---

A QVS tem forte potencial para ser incorporada aos processos de formação, mesmo na Educação Básica, o que tem sido discutido e investigado por alguns pesquisadores. Burmeister, Rauch e Eilks (2012) destacam que existem diversos modelos e abordagens educacionais para lidar com questões de sustentabilidade, variando conforme o contexto regional e cultural. Como exemplos, citam iniciativas com currículos específicos em países como Estados Unidos, Inglaterra, Israel e Alemanha. Machado (2011) relaciona o ensino de QVS com o estudo da sustentabilidade. Abordagens sistêmicas como CTS integram a química ao desenvolvimento sustentável, preparando estudantes para lidar com desafios contemporâneos de forma crítica.

No contexto brasileiro, mais recentemente Marques *et al.* (2020) buscaram identificar como o ensino de QVS tem sido apresentado na literatura. O estudo examina como a QVS tem sido incorporada ao ensino, com base na análise de 286 publicações do *Journal of Chemical Education* até 2019. Embora a relação entre Química Verde e sustentabilidade seja frequentemente abordada, isso ocorre de forma limitada, sendo apresentada como algo complementar ao ensino tradicional de química. Somente uma parcela menor, de 39 artigos, demonstra de maneira clara a interconexão entre os conceitos de práticas químicas sustentáveis e desenvolvimento ambiental responsável.

Nesse artigo, indo ao encontro de Machado (2011), Marques *et al.* (2020) apontam o pensamento sistêmico como fator de conexão do ensino de química com a QVS. Afirmam que “a análise dos artigos relacionados ao pensamento sistêmico destaca a complexidade e os desafios de sua aplicação nas abordagens para o ensino de QVS” (Marques *et al.*, 2020, p. 1520, tradução própria). Indicam o potencial do pensamento sistêmico como uma abordagem eficaz para o ensino da QV, especialmente quando conectado ao tema da sustentabilidade. Essa metodologia busca ampliar a compreensão dos estudantes ao relacionar os conceitos químicos com questões maiores de impacto ambiental, social e econômico. Para Marques *et al.* (2020), dessa forma o pensamento sistêmico tem capacidade de promover uma visão mais integrada e interconectada, permitindo que os estudantes entendam as consequências reais das ações químicas nos diversos contextos.

As estratégias didáticas para ensinar QVS são peça essencial do processo educativo. A experimentação é uma proposta frequente nas opções docentes (Melo; Souza, 2022), mas uma abordagem mais diversificada e inovadora é fundamental para tornar o ensino de QVS relevante e aplicável. Entretanto, Sandri e Santin-Filho afirmam que

a QVS vem sendo introduzida principalmente na forma de experimentos e consideram que os roteiros verdes cumprem um papel importante desde que a experimentação esteja em consonância com perspectivas epistemológicas atuais e as pesquisas educacionais recentes (Sandri; Santin-Filho, 2019, p. 40).

Esses autores defendem, ainda, que seria importante que professores substituíssem suas aulas experimentais tradicionais por outras que estejam adequadas aos princípios da QVS.

Em relação ao ensino de QVS tanto na Educação Básica quanto no ensino superior, outros pesquisadores também desenvolveram investigações. Destacam-se as contribuições de Ventapane e Santos (2021) e Rüntzel e Marques (2022). Ambos os textos salientam a relação entre a educação para o desenvolvimento sustentável e a QV, reforçando a importância de integrar princípios sustentáveis ao ensino de química. Eles mostram como a QVS impacta práticas pedagógicas, promovendo mudanças para uma educação mais alinhada à sustentabilidade. Além disso, esses textos abordam inovações educacionais: enquanto Ventapane e Santos (2021) discutem abordagens para inserir a QV nos ensinos médio e superior, Rüntzel e Marques (2022) apresentam o Ambiente Temático Virtual de Química Verde (ATV-QV) como ferramenta para práticas químicas limpas e acessíveis. Esse ambiente está, segundo esses autores, vinculado ao Laboratório de Divulgação Científica em Química (Quimidex) da Universidade Federal de Santa Catarina. Rüntzel e Marques afirmam que

O ATV-QV conjuga vários aspectos: o uso de ambientes virtuais no ensino, as simulações de sínteses químicas, a pesquisa no ensino da QV e a aplicação e construção da métrica holística EV (estrela verde). Ele apresenta-se como uma alternativa, entre outros, aos problemas de segurança química, evitando o perigo ambiental e individual em situações de manipulação de substâncias químicas nocivas (Rüntzel; Marques, 2022, p 190).

Ambos os textos conectam teoria e prática e enfatizam a sustentabilidade no ensino. Esses artigos compartilham uma abordagem centrada nos princípios da QV no ensino de Química, enfatizando práticas sustentáveis e seguras. Discutem a importância de adaptar experimentos químicos ao contexto educacional, promovendo métodos ambientalmente responsáveis e acessíveis. Além disso, demonstram preocupação em alinhar os processos experimentais à sustentabilidade, visando conscientizar estudantes sobre o impacto das práticas químicas no meio ambiente e na sociedade. Essas semelhanças destacam o compromisso com

uma formação que conecta teoria, prática e responsabilidade ambiental. As modificações no paradigma de produção industrial e aperfeiçoamento de experimentos com objetivos educacionais são destacados por Ventapane e Santos (2021).

Melo e Souza (2022) defendem que diversificar as estratégias pedagógicas, utilizando projetos temáticos, abordagens interdisciplinares e recursos tecnológicos, pode enriquecer o processo educativo no âmbito da QVS. Projetos de ensino podem proporcionar práticas relevantes aos princípios de QVS, sendo que recursos tecnológicos tornam o ensino mais envolvente. Sandri e Santin-Filho (2019) afirmam que é interessante que os professores percebam que os princípios da QVS estão presentes em diversos tópicos químicos trabalhados em sala de aula, tanto na Educação Básica quanto no ensino superior. Isso permite a abordagem desses princípios durante o desenvolvimento de conceitos na atividade docente.

Defende-se neste artigo que a interdisciplinaridade envolva a integração e interação de saberes que transcendem fronteiras disciplinares. Essa abordagem visa a criação de novos modos de pensamento que são mais adequados para abordar problemas complexos em desenvolvimento contínuo (Pombo, 2020). Freire (1993) apresenta ideia semelhante, ao dizer que interdisciplinaridade não é apenas a junção de diferentes disciplinas, mas um modo de construção coletiva do conhecimento que promove o diálogo entre diversos saberes.

A opção pedagógica mais comum para ideias da QVS é o uso da experimentação no ensino, que, no entanto, deve ser combinada com outras metodologias, como estudos de caso, debates e trabalhos em grupo para incentivar a reflexão crítica e aplicação prática dos princípios de QVS (Melo; Souza, 2022). Essa abordagem ajuda os estudantes a compreenderem a relevância de QVS em suas vidas e futuras carreiras. Misiaszek e Rodrigues (2022, p. 215) argumentam “que é necessário haver mudanças de paradigma no ensino superior para focar mais diretamente no ensino para alcançar o desenvolvimento sustentável”.

Para superar essa visão fragmentada, é relevante adotar uma abordagem crítica e interdisciplinar na educação química (Marques *et al.*, 2014). Marques *et al.* (2014) ainda defendem o desenvolvimento de compreensão crítica dos limites termodinâmicos e ecológicos com potencial para formar professores mais preparados, enfatizando a interconexão entre ciência, sociedade e meio ambiente. Em concordância, Sandri e Santin-Filho (2024) defendem que é importante a incorporação da QVS no currículo dos futuros químicos, o que pode acontecer em atividades que façam uso do pensamento crítico.

Dentro da possibilidade de levar os estudos em QVS para o ensino superior, Marques e Machado (2018) dizem que essa dimensão abrange grande espaço da Química e da Engenharia Química, mas se constitui em uma área multidisciplinar que pode ser chamada de Química e Meio Ambiente, não se caracterizando apenas como uma disciplina curricular.

Em resumo, a inserção da QVS na Educação Básica e no ensino superior reforça sua interdisciplinaridade e sua relação com questões ambientais. Essa inclusão exige a elaboração de currículos críticos e reflexivos, que capacitem os profissionais para os desafios do presente e estimulem a adoção de práticas responsáveis. Além disso, a transição de uma gestão ambiental reativa para uma abordagem preventiva é essencial, promovendo uma formação completa que conecte teoria à prática no avanço da educação em QVS.

### 3 Procedimentos metodológicos

---

Esta pesquisa tem abordagem qualitativa, já que, segundo Minayo (2007, p. 22), “se aprofunda no mundo dos significados” e se posiciona no sentido de compreender as relações, representações e intencionalidade da produção humana. Laville e Dionne (1999) afirmam que a abordagem qualitativa supera questões positivistas de pesquisa, indo em busca de categorização das informações encontradas.

A fim de construir respostas ao problema de pesquisa, realizou-se análise documental de projetos político-pedagógicos (PPP) de cursos de pós-graduação em institutos e universidades federais localizadas no estado do Rio Grande do Sul, além de ementas de disciplinas de cursos. Pesquisa documental parece ser uma técnica adequada para produções de dados na perspectiva do tema dessa investigação, tendo sido utilizada em outras produções similares, como em Marques e Machado (2021).

Assume-se a definição de análise documental apresentada por Richardson (2012, p. 228), ao dizer que é “a observação que tem como objeto não os fenômenos sociais, quando e como se produzem, mas as manifestações que registram estes fenômenos e as ideias elaboradas a partir deles”. Laville e Dionne (1999) avançam no sentido de provocar a análise das informações produzidas a partir de documentos. Para esses pesquisadores, as

informações<sup>3</sup> estão disponíveis a fim de que os investigadores possam analisá-las a partir de processo de codificação e categorização.

A construção teórica se deu a partir de revisão bibliográfica exploratória em artigos, dissertações e teses que abordam especificamente a temática dessa investigação. Richardson (2012, p. 301) afirma que essa metodologia de pesquisa permite “verificar o que foi feito, porque e em que dimensões ou profundidade foi abordado o problema que se pretende estudar”.

O estado do Rio Grande do Sul está localizado no Sul do Brasil e tem seis universidades federais (UF) e três institutos federais de educação, ciência e tecnologia (IF). Essas instituições aparecem listadas no Quadro 1, estando indicadas em ordem alfabética. Para esta pesquisa, foram investigados todos os cursos de pós-graduação que se relacionam às áreas de pesquisa destacadas nessas instituições.

**Quadro 1** – Relação de instituições de ensino superior federais no estado do Rio Grande do Sul.

| <b>INSTITUTOS FEDERAIS</b>                        |
|---------------------------------------------------|
| IFFar – Instituto Federal Farroupilha             |
| IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul     |
| IFSul – Instituto Federal Sul-rio-grandense       |
| <b>UNIVERSIDADES FEDERAIS</b>                     |
| FURG – Universidade Federal do Rio Grande         |
| UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul      |
| UFPel – Universidade Federal de Pelotas           |
| UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| UFSM – Universidade Federal de Santa Maria        |
| UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa          |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As instituições foram identificadas, neste artigo, pelos códigos U1 até U6 para as universidades e IF1 até IF3 para os institutos federais. Justifica-se a escolha do estado do Rio Grande do Sul por ser o local de formação, pesquisa e atuação acadêmica de um dos autores. Segundo Fiori (2017), a economia do Rio Grande do Sul se estabelece a partir dos setores agropecuário, industrial, de energia e mineração, com destaque para exportações. Nessa perspectiva, espera-se que as instituições superiores de ensino localizadas no RS possam formar químicos, engenheiros químicos e professores de Química a partir de discussões que envolvam

---

<sup>3</sup> Prefere-se, neste artigo, o uso do substantivo “informações” em vez de “dados” quando se refere às questões obtidas na investigação qualitativa (Brito; Leonardos, 2001). Porém, mantém-se a grafia original quando se trata de citação de outro autor.

QVS, considerando o importante papel da pós-graduação para o desenvolvimento econômico, social e ambiental no estado e no país.

No total, foram pesquisados documentos de todos os 12 cursos em programas de pós-graduação (PPG). Foram buscados programas de pós-graduação em Química, Ensino de Química e Educação em Ciências. Importante salientar que os institutos federais contam com 45 campi espalhados pelo estado do Rio Grande do Sul, tendo sido a investigação realizada em todos. O Quadro 2 identifica os cursos pesquisados em cada instituição dentro do contexto informado. A ordem em que cada instituição aparece é a mesma sequência com a qual foi feita a busca dos documentos.

**Quadro 2** – Oferta de cursos de pós-graduação nas instituições analisadas

| Instituição | Curso de pós-graduação                                                                  |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| IF1         | Não possui                                                                              |
| IF2         | Não possui                                                                              |
| IF3         | Não possui                                                                              |
| U1          | PPG em Química<br>PPG em Educação em Ciências                                           |
| U2          | PPG em Química<br>PPG em Educação em Ciências                                           |
| U3          | PPG em Química<br>PPG em Educação em Ciências<br>PPG em Engenharia Química              |
| U4          | PPG em Educação em Ciências                                                             |
| U5          | PPG em Educação em Ciências<br>PPG em Ciência e Tecnologia ambiental<br>PPG em Educação |
| U6          | PPG em Química Tecnológica e Ambiental                                                  |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Como proposta de pesquisa, foram acessados os PPP dos cursos a fim de que se identificassem ementa e objetivo geral de cada disciplina.

#### 4 Análise inicial dos resultados da pesquisa

---

A busca das ementas das disciplinas e das matrizes curriculares aconteceram nos PPP e sites das instituições. As matrizes apresentam fácil acesso, estando, entretanto, com os nomes das disciplinas abreviados, o que dificulta a identificação de ocorrências de QVS em suas

abordagens. Já a identificação das ementas das disciplinas apresentou dificuldade diferente. Algumas das disciplinas que precisavam ser analisadas não dispunham de ementas publicadas, o que tornou necessário contato pessoal com docentes dessas instituições a fim de obtê-las. Metodologia semelhante foi utilizada por Vaz, Girotto Junior e Pastre (2024). Esses pesquisadores investigaram a adoção da QVS no contexto do ensino superior brasileiro em um total de 370 instituições, incluindo-se instituições públicas, privadas e comunitárias.

A investigação sobre a ocorrência de disciplinas que tratam de QVS na pós-graduação brasileira vem sendo feita por pesquisadores há algum tempo. Ressalte-se que neste artigo não tivemos a preocupação de analisar como se mostram as opções pedagógicas no desenvolvimento de disciplinas como essas, pois isso demandaria outros instrumentos de coleta de dados. Uma discussão e análise de referência com essa tendência pode ser vista em Marques e Machado (2018).

Em sua investigação, Zuin (2013) revelou que “a Química Verde se torna cada vez mais presente nos programas de pós-graduação em Química no Brasil, seja direta ou indiretamente”. No estado do Rio Grande do Sul, a investigação revelou a presença de duas disciplinas que abordam QVS em cursos de pós-graduação no contexto estudado. Comparando com outros estados, como São Paulo, é uma oferta pequena, já que nos PPG das instituições públicas de ensino superior desse estado há duas linhas de pesquisa que estudam a QVS, denominadas “Química Verde e Medicinal” e “Catálise, Química Verde Ambiental”. Além disso, em outras sete instituições podem ser encontradas 11 diferentes disciplinas que abordam QVS.

Nesse mesmo sentido, Vaz, Girotto Junior e Pastre afirmam que

No ensino, uma possível opção para implementar a Química Verde é inseri-la entre a grande quantidade de conteúdos que fazem parte das matrizes curriculares, como parte desses tópicos, inclusive, substituindo aulas experimentais tradicionais por atividades laboratoriais que respeitam os princípios da Química Verde (Vaz; Girotto Junior; Pastre, 2024, p. 2).

Nessas nove instituições são encontrados 12 cursos de pós-graduação concentrados nas áreas de Química, Educação, Ensino de Ciências, Ensino de Química, Engenharia Química, Ciência e Tecnologia Ambiental e Química Tecnológica e Ambiental. Entre elas, podem ser encontradas apenas uma disciplina obrigatória e uma eletiva nas quais há alguma menção à QVS. As duas disciplinas são oferecidas em universidades federais, destacando-se a ausência



de disciplinas que tratem de fundamentos da QVS em programas de pós-graduação em institutos federais.

Em paralelo à investigação em cursos de pós-graduação fez-se, inicialmente, igual busca em cursos de graduação a fim de compreender a relevância das discussões sobre QVS nessas instituições. Essas informações serão consideradas quando da análise de cada PPG selecionado.

As disciplinas identificadas nos programas de pós-graduação no contexto investigado estão caracterizadas no Quadro 3.

**Quadro 3** – Disciplinas que tratam de Química Verde nos programas de pós-graduação.

| INSTITUIÇÃO                    | U1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | U2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DISCIPLINA                     | Química Verde e Sustentável                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Química do CO <sub>2</sub> – Tecnologias e novos materiais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CARGA HORÁRIA                  | 68 horas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 45 horas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| CARÁTER                        | Obrigatória                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Eletiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| DISCUSSÕES PROPOSTAS NA EMENTA | Definição e contexto histórico da química verde;<br>Os doze princípios da química verde;<br>Eficiência atômica e economia de átomos;<br>Reagentes e solventes alternativos para a química limpa;<br>Catálise e biocatálise;<br>Fontes de energia não-clássicas na síntese orgânica;<br>Utilização de matéria-prima de fontes renováveis;<br>Exemplos da Química Verde em ação. | Impacto ambiental;<br>Processos de geração de energia;<br>Propriedades físico-químicas e captura de CO <sub>2</sub> ;<br>Uso de CO <sub>2</sub> para a recuperação avançada do petróleo;<br>Produção catalítica de CO e gás de síntese;<br>Produção fotoquímica de hidrogênio;<br>Economia sustentável do carbono;<br>Processos catalíticos para obtenção de combustíveis;<br>Comparação entre as tecnologias e perspectivas para o futuro. |
| OBJETIVO                       | Não apresentado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Familiarizar o estudante com as novas tecnologias e materiais relacionados à captura e armazenagem e/ou uso de dióxido de carbono, no contexto de políticas ambientalmente corretas e de processos verdes.                                                                                                                                                                                                                                  |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A única disciplina obrigatória, denominada Química Verde e Sustentável, é oferecida na instituição U2 em um PPG de Química. Nessa mesma instituição há outra disciplina em QVS obrigatória em um curso de graduação, porém com carga horária menor do que a oferecida na pós-graduação. Enquanto na graduação a disciplina de QVS tem 30 horas-aula, na pós-

graduação a disciplina de QVS tem 68 horas-aula. A ementa dessa disciplina revela a concentração em discussões sobre os princípios da QVS, além de abordar a sustentabilidade na área da catálise, fontes de energia e solventes alternativos. Essa proposta encontra relação com as conclusões de Marques e Machado, quando afirmam que:

uma característica notável das propostas destinadas ao ensino da QV é que estas consideram seus 12 princípios como a ideia força e uma ferramenta conceitual para o enfoque ambiental, buscando uma nova forma de pensar e fazer a Química e, portanto, um ponto de partida para o ensino da QV (Marques; Machado, 2018, p. 35).

A disciplina eletiva, denominada Química do CO<sub>2</sub> – Tecnologias e novos materiais discute o que chama de “processos verdes” e é oferecida na instituição U1 em um PPG de Química. Essa disciplina trata especificamente da substância dióxido de carbono, com o objetivo de ressaltar a questão econômica de créditos de carbono, na perspectiva de se favorecer o desenvolvimento sustentável (DS). No conteúdo da disciplina nota-se preocupação ambiental, além do estudo do que chama de processos verdes. Além disso, discute questões como produção fotoquímica de hidrogênio, economia sustentável do carbono e processos catalíticos para obtenção de combustíveis.

Por fim, a instituição U6 apresenta em um PPG de Química Tecnológica e Ambiental duas disciplinas que tratam de Química Ambiental. Porém, a análise dos documentos não revela relação com a QVS. Em pesquisa liderada por Zuin (2013), coordenadores de cursos de pós-graduação em Química responderam a um questionário no qual informaram que, apesar de não apresentarem disciplina específica de QV em suas matrizes curriculares, as discussões sobre QV acontecem de forma vinculada às demais disciplinas ofertadas. Zuin (2013, p. 12) ainda afirma que “de forma geral, os entrevistados concordaram que as principais benesses à inserção da QV em seus programas se referem à disseminação de uma preocupação formativa”.

O que se percebe na análise é uma incerteza sobre como se deve organizar uma disciplina que trate da QVS na pós-graduação. Isso vai ao encontro do que dizem Marques e Machado (2018) ao analisarem essa mesma questão. Sobre o ingresso de disciplinas de QVS nos cursos superiores, afirmam que:

entendemos que sua conformação e inserção no currículo reivindicaria algo diferente, até o momento ainda pouco claro na literatura. No entanto, neste cenário deve-se considerar a forte tradição da prática disciplinar nos currículos de química, que pode estar influenciando as eventuais propostas para a inclusão da QV no ensino, organizando-a por meio de uma disciplina específica ou, alternativamente, inserindo exemplos ilustrativos no tratamento de conteúdos das disciplinas já existentes (Marques; Machado, 2018, p. 22).

### Para Machado, uma recomendação para o ensino de QV

Decorre de o ensino da QV, já que deve hoje ser dirigido para o Desenvolvimento Sustentável, exigir uma visão ampla e holística da Química, de natureza sistêmica, que possibilite a sua plena incorporação nos contextos ambiental, humano e societário em que a química sempre se desenvolveu e que são atualmente cada vez mais condicionantes da sua prática (Machado, 2011, p. 541).

A dificuldade sobre o caráter da inserção da QVS no currículo e, inclusive, a compreensão de como essa abordagem possa ser feita também é pensada por Marques e Machado (2018). Esses autores tratam a QVS não apenas como uma disciplina, mas como um movimento que marca modificações significativas no ensino de química. Para esses autores essa visão da QVS “a fortalece como novo paradigma químico; enquanto, por outro lado, limita o consenso sobre como inseri-la no currículo e abordar o conhecimento que dela deriva” (Marques; Machado, 2018, p. 13).

Essa ausência (ou pequena oferta) de disciplinas que tratem da QVS em programas de pós-graduação nas instituições federais no Rio Grande do Sul pode provocar demora para que esses conceitos sejam difundidos entre químicos, engenheiros e professores. Em sentido contrário, Gaspar *et al.* (2023) afirmam que há crescimento da visibilidade da QV entre os docentes, em especial em atividades que se aproximem dos princípios da sustentabilidade. Antonio de la Hoz Ayuso (2009, p. 408) defende a ideia de que “as competências profissionais mínimas que os estudantes devem alcançar implicam possuir um conhecimento avançado dos conceitos gerais de Química Sustentável, bem como das principais técnicas e metodologias envolvidas”. Em sentido oposto à essa realidade regional brasileira, de la Hoz Ayuso (2009) divulga a existência de cursos de pós-graduação específicos em Química Sustentável na Espanha a partir da Rede Espanhola de Química Sustentável, embora defenda a necessidade da criação de cursos de mestrado e doutorado específicos em QVS na comunidade europeia. No Brasil, segundo Vaz, Giroto Junior e Pastre (2024, p. 5), “algumas disciplinas demonstram a relevância em trabalhar a QVS associada ao processo de ensino-aprendizagem, propondo a possibilidade do estudante planejar, implementar e avaliar projetos relacionados à QVS em contextos educativos”.

Essa perspectiva da ausência de disciplinas que tratem de QVS também foi percebida por Vaz, Giroto Junior e Pastre (2024), ao afirmarem que, de 54 disciplinas que tratam de QV identificadas no Brasil, apenas 33% são ofertadas em cursos de pós-graduação.

A compreensão da ausência de conhecimento de estudantes sobre QVS é apresentada por Melo e Souza:

Outro ponto importante é que há lacunas na formação docente provocadas pela ausência de disciplinas de Química Verde nas Universidades, o que ocasiona uma lacuna também na educação básica, onde observa-se que os estudantes não possuem conhecimento da Química Verde, que na maioria das vezes é relacionada a Química ambiental (Melo; Souza, 2022, p. 15).

Ainda, Melo e Souza (2022) dizem que a QV deve ser promovida, ensinada e desenvolvida no ensino de pós-graduação de Química, com o objetivo de abordar não apenas as questões ambientais corretivas, mas principalmente aquelas preventivas. A esse respeito, Marques e Machado (2018, p. 6) afirmam que

Chamamos essa nova perspectiva de Educação Química Verde (EQV), a qual seria fortalecida se estivesse enraizada na formação de uma cultura ecológica desde a escola primária, em diálogo com a Educação Ambiental e com os estudos de Química Verde em uma perspectiva crítica.

Nesse sentido, a proximidade da QVS com a educação ambiental mostra possibilidades interdisciplinares. Os currículos desses cursos, na forma dessas disciplinas, revelam preocupação com a sustentabilidade e a educação ambiental (Marques; Machado, 2018). Entretanto, esse movimento de aproximação e mesmo a discussão sobre o que ensinar em QVS podem provocar disputa naquilo que Sandri e Santin-Filho (2019) chamam de vertentes técnica e crítica do ensino de QVS. Para esses autores,

Considera-se que a vertente crítica da QV representa uma mudança de paradigma dentro do seu próprio âmbito, uma vez que a vertente técnica da QV ainda tem filiações filosóficas e epistemológicas presas ao cartesianismo, o que a leva a tratar das questões ambientais e econômicas de maneira fragmentada e desconexa em relação às complexidades sociais, políticas, culturais e históricas, e alimentar crenças acerca do papel da ciência e da tecnologia como corretoras absolutas dos problemas de ordem socioambiental (Sandri; Santin-Filho, 2019, p. 36).

Sandri e Santin-Filho (2019) revelam, por fim, que a vertente crítica vem crescendo nos modelos de disciplinas apresentados. Essa vertente crítica, para Marques e Machado (2014), caracteriza-se por um posicionamento sobretudo ético.

Embora a quantidade de disciplinas específicas de QVS ainda não seja relevante, boa parte das disciplinas ofertadas nos cursos de pós-graduação em Química incluem essa temática em suas discussões (Zuin, 2013, p. 566). No mesmo sentido, Marques *et al.* (2020) defendem a importância de preparar propostas curriculares nessas disciplinas, além da elaboração de recursos didáticos que possam introduzir os princípios da QVS para os estudantes.

Gunbatar *et al.* (2025) concordam com essa afirmação, defendendo a ideia de que, em geral, as propostas de ensino em QVS não consideraram o conhecimento prévio dos estudantes, além de suas dificuldades e equívocos na compreensão do que seja o significado da QVS.

A modificação do ensino superior, no sentido de pensar em sustentabilidade, não é solução única para a transformação social, mas é uma ferramenta importante para a justiça e a sustentabilidade, segundo Misiaszek e Rodrigues (2022). Nesse contexto, é importante que se remodelem os currículos de cursos de pós-graduação em Química, Ensino de Química e Engenharia Química nas instituições do contexto analisado.

## 5 Considerações finais

---

Compreender as questões que envolvem a QVS é importante para preparar os profissionais da química para os desafios da sustentabilidade. Nossa investigação concentrou-se em buscar informações na formação continuada, em nível de pós-graduação. Para tanto, investigamos informações curriculares em cursos nas áreas da Química, Ciências e seus Ensinos em instituições federais no estado do Rio Grande do Sul. A investigação apontou uma pequena oferta de disciplinas no âmbito da pós-graduação nas instituições do contexto estudado.

Ao ampliarmos o olhar investigativo para PPG da área de ensino, almejamos associar as discussões à formação de professores para atuação em níveis da Educação Básica e Superior (formadores de professores). Incluir disciplinas específicas no currículo e oferecer programas de formação continuada é um bom indicador de intencionalidades formativas, ainda que não se possa alcançar informações sobre o tipo de abordagem, se interdisciplinar e holística, que possam melhor promover uma formação para a sustentabilidade.

Argumentamos, por meio de resultados de pesquisas, que as estratégias didáticas para o ensino de QVS exigem a diversificação das metodologias pedagógicas, com o uso de projetos temáticos, abordagens interdisciplinares e recursos tecnológicos, o que pode contribuir para a formação de cidadãos críticos e conscientes. A literatura tem destacado a importância de compreender e integrar os princípios da sustentabilidade, o que demanda uma reflexão profunda sobre as definições de desenvolvimento sustentável e os limites termodinâmicos, por exemplo. Uma abordagem crítica e multidisciplinar promove uma visão holística da QVS, tendo potencial para capacitar futuros químicos e professores para enfrentar os desafios ambientais.

Além disso, é importante que os professores estejam atualizados com as últimas pesquisas e discussões a respeito da QVS. A formação continuada e a participação em conferências e seminários são fundamentais para garantir que os educadores possam compartilhar conhecimentos atualizados com seus estudantes.

Zuin e Marques (2015) defendem a importância da criação de programas de pesquisa, desenvolvimento e inovação em QV no Brasil. Isso inclui a proposta de uma escola brasileira para disseminar conhecimento e práticas de QV em instituições acadêmicas e centros de pesquisa. A presença dessas disciplinas ainda parece depender mais do interesse do docente do que da própria instituição, já que os professores que ofertam essas disciplinas são, geralmente, a referência sobre QVS em suas regiões. Existe um movimento no sentido de incluir discussões ou mesmo disciplinas de QVS nos currículos da pós-graduação.

A pesquisa evidencia os desafios e progressos na inclusão da QVS nos programas de pós-graduação no país. A identificação de disciplinas específicas muitas vezes é dificultada pela abreviação de nomes nas matrizes curriculares e pela falta de ementas disponíveis publicamente. No Rio Grande do Sul, a oferta de disciplinas voltadas à QVS é reduzida, contrastando com o estado de São Paulo, por exemplo, onde há maior variedade de cursos e linhas de pesquisa dedicadas ao tema. Apesar disso, a pesquisa trouxe alguma evidência de que a abordagem da QVS, via de regra, ocorre de forma integrada a outras disciplinas, sem foco específico. Nesse sentido, os resultados revelaram que apenas duas disciplinas que abordam QVS são oferecidas nos PPG de Química, Educação, Ensino de Ciências, Ensino de Química, Engenharia Química, Ciência e Tecnologia Ambiental e Química Tecnológica e Ambiental nas instituições federais de ensino superior no estado do Rio Grande do Sul. Uma dessas disciplinas é de caráter obrigatório, enquanto a outra é eletiva.

A pesquisa revela ainda pouca clareza na organização curricular de disciplinas de QVS a partir da leitura de suas ementas, com escassez na oferta de conteúdos específicos e/ou de integração de princípios sustentáveis aos conteúdos e procedimentos clássicos da química. Nesse sentido, faz-se necessário a incorporação de propostas e experiências de ensino disponíveis na literatura, como a de reestruturação de currículos, com inclusão de metodologias que levem em conta o conhecimento prévio dos estudantes e do contexto socioeconômico, para ampliar, assim, a compreensão e aplicação da QVS. Tais mudanças são importantes para a formação de profissionais mais preparados e para o alinhamento do ensino superior brasileiro a demandas ambientais, econômicas e sociais atuais.

Todavia, diante dos desafios da crise ambiental, particularmente da emergência climática, impõem-se compromissos éticos dos agentes e instituições educacionais públicos e privados, essenciais para balizar uma correta abordagem técnica e pedagógica voltada à preservação do ambiente, na formação do químico, do licenciado em Química e do engenheiro químico. Um bom caminho é ampliação da oferta de disciplinas – com princípios, conteúdos e práticas – que tratem da QVS nos cursos de pós-graduação das instituições públicas federais (universidades e institutos). Do mesmo modo, é importante que a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Ministério da Educação (MEC), o Conselho Nacional de Educação (CNE) e as sociedades científicas incentivem essa mudança de paradigma químico, assentado na sustentabilidade.

## Agradecimentos

---

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio dado por meio do Edital 42/2022 (Pró-Humanidades).

Ao Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), pela possibilidade de afastamento de um dos autores.

## Referências

---

ALMEIDA, Q. A. R. *et al.* Química Verde nos cursos de licenciatura em Química do Brasil: mapeamento e importância na prática docente. **Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [s. l.], v.15, n. 34, p.178-187, 2019.

ANASTAS, P. Green chemistry: thirty years of holding up our end of the bargain. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, Washington, v. 9, n. 48, p. 16005-16006, 2021.

ANASTAS, P. Twenty years of green chemistry. **Chemical & Engineering News**, [s. l.], v. 89, n. 26, p. 62-65, 2011.

ANASTAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. Origins, current status, and future challenges of green chemistry. **Accounts of Chemical Research**, Nova York, n. 35, v. 9, p. 686-694, 2002.

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

BRITO, A. X.; LEONARDOS, A. C. A identidade das pesquisas qualitativas: construção de um quadro analítico. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 113, p. 7-38, 2001.

BURMEISTER, M.; RAUCH, F.; EILKS, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, [s. l.], v. 13, p. 59-68, 2012.

CLARK, J. H. Green chemistry: challenges and opportunities. **Green Chemistry**, [s. l.], n. 1, p. 1-8, 1999.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1991.

CUNHA, B. R. da. **O papel da Química Verde no desenvolvimento sustentável e a aplicação dos seus princípios na indústria química**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

DE LA HOZ AYUSO, A. Los estudios de posgrado en química sostenible em España. **Educación Química**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 405-411, 2009.

FIORI, T. P. Economia e política do desenvolvimento regional no Rio Grande do Sul. In: MONTEIRO NETO, A.; CASTRO, C. N.; BRANDÃO, C. A. (orgs.). **Desenvolvimento regional no Brasil: políticas, estratégias e perspectivas**. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. p. 307-346.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1993.

GASPAR, C. S. *et al.* Ensino de química verde no Brasil: mapeamento de publicações a partir da análise de redes sociais. **Educación Química**, [s. l.], v. 34, n. 4, 2023.

GREEN CHEMISTRY HISTORY (GCH). **ACS Chemistry for life**. 2018. Disponível em: <https://www.acs.org/green-chemistry-sustainability/what-is-green-chemistry/history-of-green-chemistry.html>. Acesso em: 22 set. 2025.

GUNBATAR, S. A. *et al.* A systematic review of green and sustainable chemistry training research with pedagogical content knowledge framework: current trends and future directions. **Chemistry Education Research and Practice**, [s. l.], n. 1, p. 26-34, 2025.

HAACK, J. A.; HUTCHISON, J. E. Green chemistry education: 25 years of progress and 25 years ahead. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, Washington, v. 4, p. 5889-5896, 2016.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em Ciências Humanas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino da Química Verde. **Química Nova**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011.

MARCELINO, L. V. **Os tipos de racionalidade na Química Verde e suas relações com o ensino**. 2020. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade



Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216068>. Acesso em: 18 set. 2025.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. An integrated vision of the Green Chemistry evolution along 25 years. **Foundations of Chemistry**, [s. l.], v. 23, p. 299-328, 2021.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. Environmental sustainability: implications and limitations to Green Chemistry. **Foundations of Chemistry**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 1-25. 2014.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 19-43, 2018.

MARQUES, C. A. *et al.* Compreensões de pesquisadores químicos sobre sustentabilidade ambiental: possíveis influências na formação de professores de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, Brasília, DF, v. 9, n. 2, 2014.

MARQUES, C. A. *et al.* Green chemistry teaching for sustainability in papers published by the journal of chemical education. **Química Nova**, Campinas, v. 43, n. 10, p. 1510-1521, 2020.

MAXIMIANO, F. A. *et al.* Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de estudantes de graduação em Química da Universidade de São Paulo. **Educación Química**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 398-404, 2009.

MELO, E.C.; SOUZA, K.S. Química Verde no ensino de Química: uma revisão entre 2011 e 2021 a partir de periódicos científicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022.

MINAYO, C.S. (org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 26. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

MISIASZEK, G. W.; RODRIGUES, C. Six critical questions for teaching justice-based environmental sustainability (JBES) in higher education. **Teaching in Higher Education**, Londres, v. 28, n.1, p. 211-219, 2022.

POMBO, O. Interdisciplinaridade e Integração dos Saberes. *In*: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO SOBRE EPISTEMOLOGIA E INTERDISCIPLINARIDADE NA PÓS-GRADUAÇÃO, Porto Alegre, 21-23 jun. 2020. **Anais eletrônicos** [...]. Porto Alegre: PUCRS, 2020. Disponível em:  
<https://cfeul.mcmlxxvi.net/biblioteca/online/pdf/olgapombo/interdisciplinaridadeintegracao.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2025.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

ROLOFF, F. B.; MARQUES, C. A. Contribuições de produções acadêmicas nacionais sobre Química Verde e seu ensino. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 14, n. 32, p. 78-91, dez. 2018.

- RÜNTZEL, P. L.; MARQUES, C. A. Ambiente temático virtual de Química Verde para simulações de sínteses no Ensino de Química na perspectiva do desenvolvimento sustentável. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 183-193, 2022.
- SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. **Educación Química**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 34-46, 2019.
- SHELDON, R. A. E factors, green chemistry and catalysis: an odyssey. **Chemical Communications**, [s. l.], n. 29, p. 3352-3365, 2008.
- SOUSA-AGUIAR, E. F. *et al.* Química Verde: a evolução de um conceito. **Química Nova**, Campinas, v. 37, n. 7, p. 1257-1261, 2014.
- SUMMERTON, L.; HUNT, A. J.; CLARCK, J. H. Green Chemistry for Postgraduates. **Educación Química**, [s. l.], n. 24, p. 150-155, 2013.
- VAZ, C. R. S.; GIROTTO JUNIOR, G.; PASTRE, J. C. A adoção da química verde no ensino superior brasileiro. **Química Nova**, Campinas, v. 47, n. 3, p. 1-10, 2024.
- VENTAPANE, A. L. S.; SANTOS, P. M. L. Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 201-205, 2021.
- WARNER, J.; CANNON, A.; DYE, K. Green Chemistry. **Environmental Impact Assessment Review**, Brøndby, v. 24, p. 775-799, 2004.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENTAL AND DEVELOPMENT. **report of the world commission on environment and development: our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- WIEK, A.; WITHYCOMBE, L.; REDMAN, C. L. Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. **Sustainability Science**, [s. l.], v. 6, p. 203-218, 2011.
- ZUIN, V.G. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química no Brasil: tendências e perspectivas. **RBPG – Revista Brasileira de Pós-Graduação**, Brasília, DF, v. 10, n. 21, p. 557-572, 2013.
- ZUIN, V. G.; KÜMMERER, K. Towards more sustainable curricula. **National Reviews Chemistry**, [s. l.], v. 5, p. 76-77, 2021.
- ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A. Green Chemistry education in Brazil: contemporary tendencies and reflections at secondary school level. *In*: ZUIN, V. G.; MAMMINO, L. (orgs.). **Worldwide Trends in Green Chemistry Education**. Londres: RSC, 2015. p. 27-44.
- ZUIN, V. G. *et al.* Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. **Green Chemistry**, [s. l.], n. 4, 2021.