

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA

RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO

MANIFESTAÇÕES DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO EM
QUÍMICA VERDE DE PARTICIPANTES DE UM CURSO DE EXTENSÃO

PONTA GROSSA
2026

RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO

MANIFESTAÇÕES DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO EM
QUÍMICA VERDE DE PARTICIPANTES DE UM CURSO DE EXTENSÃO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática na Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Marilei Casturina Mendes Sandri.

Coorientadora: Profa. Dra. Leila Inês Follmann Freire

PONTA GROSSA
2026

L798 Lobo, Renata Cristina Pereira
Manifestações do conhecimento pedagógico do conteúdo em química verde de participantes de um curso de extensão / Renata Cristina Pereira Lobo. Ponta Grossa, 2026.
153 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática - Área de Concentração: Formação de Professores e Ensino de Ciências), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Marilei Casturina Mendes Sandri.
Coorientadora: Profa. Dra. Leila Inês Follmann Freire.

1. Química verde. 2. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK). 3. Ensino. 4. Curso de extensão. 5. Formação de professores. I. Sandri, Marilei Casturina Mendes. II. Freire, Leila Inês Follmann. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Formação de Professores e Ensino de Ciências. IV.T.

CDD: 540.7



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO

“MANIFESTAÇÕES DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO EM QUÍMICA VERDE DE PARTICIPANTES DE UM CURSO DE EXTENSÃO”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 08 de abril de 2026.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Marilei Casturina Mendes Sandri – UEPG
(Presidente / Orientadora)

Profa. Dra. Júlia Damazio Bouzon – UERJ
(Membro Externo)

Profa. Dra. Mary Ângela Teixeira Brandalise – UEPG
(Membro Interno)



Documento assinado eletronicamente por **Mary Ângela Teixeira Brandalise, Professor(a)**, em 08/04/2026, às 20:30, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Júlia Damazio Bouzon, Usuário Externo**, em 09/04/2026, às 10:15, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marilei Casturina Mendes Sandri, Professor(a)**, em 10/04/2026, às 09:57, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **3030512** e o código CRC **EFF09384**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por sua presença constante em minha vida, por me conceder força, sabedoria e serenidade ao longo desta caminhada. Sem a sua luz, este percurso não teria sido possível.

Aos meus pais, Carlos e Sônia, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos e por sempre acreditarem em mim. À minha filha, Júlia, que, mesmo nos momentos de ausência e na falta de tempo, foi minha motivação diária e a razão maior de cada esforço. Ao meu marido, Carlos, meu companheiro de vida, deixo um agradecimento especial e profundo. Seu apoio incondicional, incentivo constante e confiança em todas as minhas aspirações foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Esta conquista também é sua.

Ao corpo docente do PPGCEM, pelo comprometimento, dedicação e excelência no ensino, que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional. Aos meus colegas do mestrado, que compartilharam comigo desafios, aprendizados e conquistas. Em especial, a Matheus, Juliana, Ana e Mariane, que se tornaram mais do que colegas, verdadeiros amigos que levo com carinho no coração.

À minha orientadora, Marilei, expresso minha mais sincera gratidão e admiração. Sua competência, seriedade e compromisso com a pesquisa são inspiradores. Mais do que uma orientadora exemplar, é um ser humano admirável, cuja generosidade e sensibilidade marcaram profundamente esta trajetória.

Encerro os agradecimentos com a certeza de que cada conquista é construída a muitas mãos e de que sonhar é o primeiro passo para transformar esforço em realização.

RESUMO

Questões atribuídas à sustentabilidade têm se tornado um desafio global, evidenciando a necessidade de mudanças nas atividades antrópicas e no modo de vida. Considerando que a ciência química se encontra no cerne do desenvolvimento social e tecnológico, torna-se essencial uma nova conduta dentro da área. Diante dessa necessidade, a Química Verde (QV) consolida-se como uma vertente da química, comprometida com o desenvolvimento de processos e produtos químicos mais seguros e sustentáveis. Na área da educação, essa responsabilidade ganha um peso ainda maior, pelo potencial de promover transformações capazes de viabilizar maior sustentabilidade. Nesse cenário, a análise do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*PCK*) se torna uma ferramenta importante para verificar como os professores de química desenvolvem seu *PCK* em QV. Desse modo, a presente pesquisa, de abordagem qualitativa e de caráter descritivo, objetivou descrever indícios da manifestação do *PCK* em QV de professores participantes de um curso de extensão sobre o tema. A avaliação foi realizada de acordo com o Modelo de *PCK* proposto por Magnusson, Krajcik e Borko. Os dados foram obtidos a partir das atividades desenvolvidas por seis participantes do Curso. As principais fontes de informação analisadas foram as Propostas Didáticas (PDs) elaboradas pelos docentes e o questionário. Para verificar se ocorreu a incorporação efetiva da QV nos conteúdos químicos, as PDs foram analisadas com base no Modelo de Abordagem da QV no Ensino de Química de Sandri e Santin Filho, o que resultou em uma rubrica de avaliação do *PCK*. Os resultados demonstram sinais de que a participação no Curso de Extensão influenciou na forma como os professores elaboram suas PDs, refletindo na manifestação de seus *PCKs* em QV. A análise detalhada dos dados revelou indícios de que a manifestação dos componentes do *PCK* esteve presente em todas as etapas do planejamento, indicando uma abordagem de ensino intencional. O componente mais recorrente e, portanto, em maior evidência, foi o "Conhecimento das Estratégias Instrucionais", refletindo o foco dos docentes nas atividades e metodologias de sala de aula. Os resultados centrais indicam que a maioria dos participantes demonstrou uma abordagem mais coerente e contextualizada do conteúdo químico, consistentemente orientada pelos princípios QV. As conclusões indicam que a formação continuada de professores em temas emergentes, como a QV, pode favorecer uma prática pedagógica mais consciente e eficaz, preparando os alunos para lidar com os desafios socioambientais contemporâneos. Sendo assim, o Curso de Extensão mostrou-se uma alternativa promissora para abordar esses temas e contribuir para a qualificação docente de forma eficiente.

Palavras-chave: Química Verde; *PCK*; Ensino; Curso de Extensão; Formação de Professores.

ABSTRACT

Issues related to sustainability have become a global challenge, highlighting the need for changes in human activities and ways of life. Considering that chemical science lies at the core of social and technological development, a new approach within the field becomes essential. In this context, Green Chemistry (GC) has been established as a branch of chemistry committed to the development of safer and more sustainable chemical processes and products. In the field of education, this responsibility becomes even more significant due to its potential to promote transformative actions capable of fostering sustainability. Within this framework, the analysis of Pedagogical Content Knowledge (PCK) emerges as an important tool to examine how chemistry teachers develop their PCK in relation to GC. Thus, this qualitative and descriptive study aimed to identify evidence of the manifestation of PCK in GC among teachers participating in an extension course on the subject. The evaluation was conducted based on the PCK model proposed by Magnusson, Krajcik, and Borko. Data were collected from activities carried out by six course participants. The main sources of information analyzed were the Didactic Proposals (DPs) developed by the teachers and a questionnaire. To verify whether GC was effectively incorporated into chemical content, the DPs were analyzed based on the Green Chemistry Approach Model in Chemistry Education proposed by Sandri and Santin Filho, which resulted in a rubric for PCK assessment. The results indicate that participation in the extension course influenced how teachers design their DPs, reflecting on the manifestation of their PCK in GC. A detailed analysis of the data revealed evidence that PCK components were present at all stages of planning, indicating an intentional teaching approach. The most recurrent and prominent component was “Knowledge of Instructional Strategies,” reflecting the teachers’ focus on classroom activities and methodologies. The main findings also indicate that most participants demonstrated a more coherent and contextualized approach to chemical content, consistently guided by GC principles. The conclusions suggest that continuing teacher education in emerging topics such as GC can foster more conscious and effective pedagogical practices, preparing students to address contemporary socio-environmental challenges. Therefore, the extension course proved to be a promising alternative for addressing these topics and contributing to effective teacher qualification.

Keyword: Green Chemistry; *PCK*; Teaching; Extension Course; Teacher Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Modelo de Conhecimento de Professores proposto por Grossman (1990).....	29
Figura 1.2 - Modelo de PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) - “Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências”.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Modelo de Raciocínio e Ação Pedagógicos (MRPA).....	28
Quadro 2.1 - Modelo 1 de abordagem da QV.....	45
Quadro 2.2 - Modelo 2 de abordagem da QV.....	46
Quadro 2.3 - Modelo 3 de abordagem da QV (Contínua).....	48
Quadro 2.3 - Modelo 3 de abordagem da QV (Conclusão).....	49
Quadro 3.1 - Estrutura do Curso de Extensão em QV.....	51
Quadro 3.2 - Nível de formação acadêmica dos participantes.....	53
Quadro 3.3 - Modelo de Abordagem da QV - Avaliação da Aprendizagem.....	55
Quadro 3.4 - Parâmetros para a avaliação do PCK em QV dos participantes da pesquisa.....	57
Quadro 4.1 - Características das Propostas Didáticas.....	59
Quadro 4.2 - Identificação dos Componentes do PCK nas Propostas Didáticas.....	87
Quadro 4.3 - Características dos Modelos de QV apresentadas nas Propostas Didáticas.....	90
Quadro 4.4 - Classificação do PCK em QV dos Participantes.....	91

LISTA DE SIGLAS

AA	Avaliação da Aprendizagem
AAu	Avaliação da Aula
AD	Abordagem Didática
ATD	Análise Textual Discursiva
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
C&T	Ciência e Tecnologia
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CMMDA	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CoRe	<i>Content Representation</i>
CTDC	Catálogo de Teses e Dissertações da Capes
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
D	Desenvolvimento
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DfE	Design para o Ambiente
DS	Desenvolvimento Sustentável
EAD	Ensino a Distância
EPA	Environmental Protection Agency
F	Fórum
FLONA	Floresta Nacional
I	Introdução
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas
M	Modelos
MFA	Momento e Frequência da Abordagem
MRPA	Raciocínio Pedagógico e Ação
NM	Nenhum dos Modelos
OA	Objetivos de Aprendizagem
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OE	Objetivos Educacionais
ONU	Organização das Nações Unidas
PCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
PPCM	Portal de Periódicos Capes/MEC
PD	Proposta Didática
P	Participante
PP	Postura do Professor
Q	Questão
QV	Química Verde
PPGECM	Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática
RD	Recursos Didáticos
RI	Reconciliação Integradora
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SC	Santa Catarina
SEMESP	Sindicato das Entidades Mantenedoras de Estabelecimentos de Ensino
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
U	Unidade

U	Unidade
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UFAC	Universidade Federal do Acre
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	12
INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1 FORMAÇÃO E CONHECIMENTO DOCENTE.....	21
1.1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	21
1.2 CONHECIMENTOS DOCENTES.....	24
1.3 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO.....	26
CAPÍTULO 2 QUÍMICA VERDE: UMA RESPOSTA SUSTENTÁVEL AOS DESAFIOS AMBIENTAIS.....	33
2.1 HISTÓRICO DA QUÍMICA VERDE.....	33
2.2 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE.....	36
2.3 ENSINO DE QUÍMICA VERDE.....	40
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA.....	51
3.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	51
3.1.1 Participantes da Pesquisa.....	52
3.1.2 Dados da Pesquisa.....	53
3.2 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	55
3.2.1 Análise Descritiva.....	56
3.2.2 Rubrica de Avaliação.....	57
CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
4.1 ANÁLISE DO PCK DO P1.....	60
4.1.1 Análise da Proposta Didática do P1 Conciliado as Respostas ao Questionário.....	61
4.2 ANÁLISE DO PCK DO P2.....	66
4.2.1 Análise da Proposta Didática do P2 Conciliado às Respostas ao Questionário.....	67
4.3 ANÁLISE DO PCK DO P3.....	70
4.3.1 Análise da Proposta Didática do P3 Conciliado as Respostas ao Questionário.....	71
4.4 ANÁLISE DO PCK DO P4.....	74
4.4.1 Análise da Proposta Didática do P4 Conciliado às Respostas ao Questionário.....	75
4.5 ANÁLISE DO PCK DO P5.....	78
4.5.1 Análise da Proposta Didática do P5 Conciliada às Respostas ao Questionário.....	79
4.6 ANÁLISE DO PCK DO P6.....	82
4.6.1 Análise da Proposta Didática do P6 Conciliada as Respostas ao Questionário.....	84
4.7 SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DO PCK EM QV DOS PARTICIPANTES.....	87

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A – CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DE CONTEÚDO (PCK) EM QUÍMICA VERDE E ENSINO DE QUÍMICA.....	105
APÊNDICE B – EXPANDIDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DA DIMENSÃO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	117
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	143
ANEXO B – MODELO DE PROPOSTA DIDÁTICA.....	148

APRESENTAÇÃO

Durante a minha infância, vivi uma experiência marcante no ambiente rural. Cursei a primeira etapa do ensino fundamental em uma pequena escola localizada na zona rural da cidade de Varginha, em Minas Gerais. Essa comunidade era composta por cerca de 30 famílias, que dependiam basicamente da agricultura de subsistência para sobreviver. Apesar das dificuldades enfrentadas, esse período foi um aprendizado valioso. Foi ali que desenvolvi uma maior compreensão sobre o manejo sustentável das áreas de cultivo e das práticas da agricultura orgânica, lições que carrego comigo até hoje.

No entanto, como a escola rural oferecia apenas até o quarto ano do ensino fundamental, precisei continuar meus estudos em uma escola da cidade de Três Corações, também em Minas Gerais. Foi nessa nova fase que concluí tanto o ensino fundamental quanto o médio, dando sequência à minha trajetória educacional. Em 2000 concluí o ensino médio e também dei um importante passo na minha vida pessoal: casei-me.

Em 2003, já residindo na cidade de Cruzeiro do Sul, no estado do Acre, ingressei no curso de Pedagogia na Universidade Federal do Acre (UFAC). Infelizmente, após dois períodos letivos, precisei trancar a matrícula em razão de uma gestação de risco. Essa pausa mostrou-se necessária, mas não abalou minha determinação de seguir com meus estudos.

Anos depois, em 2007, já vivendo em Blumenau, Santa Catarina, retomei minha formação acadêmica. Ingressei no curso superior de tecnologia em Gestão Ambiental pela Faculdade de Tecnologia SENAI de Blumenau, o qual concluí em 2009. Durante esse curso, surgiu meu primeiro interesse pela química. Disciplinas como Ciências Ambientais, Prevenção e Correção da Poluição do Solo, Ar e Água, bem como Gestão de Resíduos despertaram minha curiosidade pela interconexão entre a química e a sustentabilidade.

Além disso, tive a oportunidade de realizar estágios em dois laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas de águas e efluentes, no SENAI e na Umwelt Biotecnologia Ambiental. Esses estágios foram decisivos para minha trajetória, consolidando meu fascínio pela química, especialmente na área de análises laboratoriais. Esse interesse me levou a cursar uma especialização em Gerenciamento de Águas e Efluentes, concluída em 2011 pelo SENAI/SC.

Em 2015, novas mudanças ocorreram em minha vida devido ao trabalho do meu cônjuge, que nos levou a morar na cidade de Tefé, no Amazonas. Durante esse período, envolvi-me em um trabalho voluntário no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), na Unidade de Conservação da Floresta Nacional (FLONA) de

Tefé. Ali, participei de atividades significativas, como a conservação da FLONA e o manejo sustentável da floresta junto aos moradores locais. Essas experiências renovaram minha motivação para continuar meus estudos.

Assim, ingressei no curso de Química na Universidade Estadual do Amazonas (UEA), onde estudei por um ano antes de me mudar para a cidade de Lavras, em Minas Gerais. Em Lavras, reiniciei a graduação na Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde permaneci por dois anos. A jornada de mudanças continuou e, finalmente, foi na cidade de Ponta Grossa, no Paraná, que concluí minha graduação em Licenciatura em Química, em 2022, na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

Durante minha graduação em Licenciatura em Química, tive o privilégio de conhecer a Química Verde, graças a uma professora que conheci somente no final do curso. Essa docente chamou minha atenção pelo seu profissionalismo e pela desenvoltura com que conduzia suas aulas, despertando em mim grande admiração. Foi ela quem me apresentou o conceito de Química Verde, ampliando meus horizontes e reforçando meu interesse por essa área.

Ao finalizar a graduação, senti a necessidade de aprofundar meus conhecimentos. O Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática – PPGECEM, da UEPG, se revelou como a oportunidade ideal para avançar em minha formação. Para minha surpresa e felicidade, descobri que a professora que me apresentou à Química Verde fazia parte do corpo docente desse programa de pós-graduação.

Essa coincidência reforçou minha decisão de me inscrever no programa de pós-graduação. Foi também nesse período que ocorreu minha aproximação mais significativa com o ensino, despertando meu interesse por essa área. Esse movimento foi impulsionado pelas experiências vivenciadas ao longo da minha formação, que evidenciaram o potencial transformador da educação e sua relação direta com a construção do conhecimento científico. Submeti meu pré-projeto com o tema “Química Verde e Sustentabilidade nos Currículos dos Cursos de Química da UEPG” e, felizmente, fui aprovada no processo seletivo. O tema escolhido estava diretamente alinhado com minha trajetória educacional e minhas principais áreas de interesse: ensino, química e sustentabilidade, o que motivou ainda mais a iniciar essa nova etapa da minha vida acadêmica.

O Mestrado foi um período transformador que ressignificou completamente minha concepção sobre o que é ser professor de Química, indo muito além da base da Licenciatura. Ao ingressar no programa, fui confrontada com um novo olhar para o ensino, focado não apenas no conteúdo, mas na pesquisa sobre a prática pedagógica. Este ciclo foi marcado por

experiências ricas e positivas. A diversidade do corpo docente do programa, que incluía professores de áreas distintas, expôs-me a múltiplos paradigmas e metodologias, forçando uma reflexão profunda sobre minhas concepções sobre a docência. Esse ambiente multidisciplinar contribuiu não somente para o meu crescimento profissional, mas também para meu crescimento pessoal.

As intensas discussões e a colaboração constante com colegas, que se tornaram grandes amigos, criaram uma rede de apoio e aprendizado. Juntos, compartilhamos desafios e descobertas, fortalecendo a compreensão de que a docência é uma profissão que exige reflexão contínua, pesquisa e trabalho colaborativo.

O processo de orientação do Mestrado foi, para mim, o ponto alto da jornada. A Professora Marilei não foi apenas uma orientadora, ela se tornou uma verdadeira mentora. Nossas reuniões eram muito mais do que encontros acadêmicos, tornando-se momentos de reflexão e aprendizagem.

INTRODUÇÃO

As crescentes perturbações causadas pelas atividades antrópicas ao meio natural têm provocado sérios problemas ao longo dos tempos, fazendo com que esta relação entre a sociedade e o meio ambiente ganhe maior destaque entre os dilemas relacionados com o futuro da humanidade. De acordo com Marques *et al.* (2007), há uma tendência de associar a problemática ambiental à química, o que acaba gerando uma percepção pessimista sobre essa área, apesar de suas relevantes contribuições nos âmbitos social, científico e ambiental.

Um estilo de vida sustentável, fundamentado no compromisso com o meio ambiente e com os seres vivos, tem sido abordado com crescente urgência como condição para a manutenção da vida no planeta. Considerando que a Química se encontra no cerne do desenvolvimento tecnológico, torna-se cada vez mais necessária a busca por processos e materiais menos poluentes.

Devido a esta necessidade de mudanças nos processos químicos, emerge e se consolida a QV, a qual traz uma proposta de reflexão para as atividades que envolvam a química dentro da perspectiva de uma conduta preocupada com a redução de riscos, através da diminuição e/ou eliminação dos perigos associados às substâncias tóxicas e aos danos provocados pela exposição a elas (Corrêa; Zuin, 2012). No Ensino de Química, os princípios da QV podem vir a contribuir para formar profissionais que pensem e atuem de maneira mais segura, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a saúde humana.

A obrigatoriedade da educação ambiental como uma temática transversal em todos os níveis de ensino, importante para a promoção da sustentabilidade, é legalmente estabelecida no Brasil. A Lei nº 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, fundamenta essa exigência ao dispor, em seu Artigo 3º, inciso I, que a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação. Além disso, o Artigo 4º, inciso II, da mesma legislação, destaca que a sustentabilidade é um dos princípios básicos que devem orientar essa temática (Brasil, 1999).

No âmbito do ensino de Química, a abordagem da sustentabilidade articula-se diretamente com os princípios da QV e com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Embora o documento não mencione explicitamente a QV, seus pressupostos estão alinhados às competências e habilidades propostas para a área de Ciências da Natureza. Nesse contexto, destaca-se a habilidade EM13CNT101, que propõe analisar transformações e processos envolvendo matéria e energia, considerando seus impactos ambientais e sociais. Além disso, a habilidade EM13CNT104 enfatiza a avaliação das implicações socioambientais

da ciência e da tecnologia, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis, enquanto a habilidade EM13CNT305 orienta a proposição de soluções para problemas reais com base em conhecimentos científicos, considerando a sustentabilidade (Brasil, 2018).

Todavia, nos cursos de Química, tanto na licenciatura quanto no bacharelado, a questão da sustentabilidade ainda é pouco abordada. Quando mencionada, geralmente aparece sob a perspectiva da remediação dos problemas gerados pela prática química convencional, em vez de se apresentar uma proposta efetiva de prevenção e solução. Em virtude desse cenário, a QV emerge como uma alternativa para incorporar princípios de sustentabilidade aos processos químicos (Gomes, 2014).

Tendo em vista que a QV é uma área ainda pouco explorada, é importante salientar sua relevância para a construção de um Ensino de Química voltado à sustentabilidade e à responsabilidade socioambiental. Promover uma prática mais consciente, que busca métodos mais seguros para o meio ambiente e para a sociedade, pode ajudar o Ensino de Química a se tornar uma ferramenta de intervenção positiva e de formação cidadã crítica, superando uma visão puramente instrumental ou técnica (Marques *et al.*, 2013).

A inclusão da QV não se trata apenas de adicionar um novo conteúdo, mas de promover um novo paradigma levando os professores a desenvolverem novas competências pedagógicas. A capacitação de professores de Química para o ensino de QV e sua integração nos currículos acadêmicos são essenciais para fortalecer o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge - PCK*) acerca do assunto. O *PCK* (sigla em inglês) foi um construto introduzido por Lee Shulman em 1986, conhecido por suas contribuições significativas ao campo da educação. Este renomado psicólogo educacional americano identifica o *PCK* como a articulação entre o conhecimento específico de um conteúdo e estratégias pedagógicas eficazes para ensiná-lo (Shulman, 1986).

Segundo Góes *et al.* (2013), muitas pesquisas em Ensino de Ciências têm utilizado o conceito de *PCK* com diferentes objetivos relacionados à prática docente, seja para investigar a natureza desse conhecimento, a interação entre seus componentes ou ainda a estrutura do *PCK* de professores. Por conseguinte, buscar desenvolver e analisar o *PCK* em QV de professores de Química pode contribuir significativamente tanto para um ensino voltado à sustentabilidade na área da Química quanto para o processo de desenvolvimento das bases do conhecimento que norteiam a prática docente.

De acordo com Grossman *et al.* (1989), conforme se aprofundam as concepções sobre o que os professores sabem e precisam saber para desempenhar suas funções, amplia-se a compreensão acerca dos elementos que devem ser incluídos nos programas de formação

docente. Em virtude disso, compreender como os professores da área têm trabalhado a QV no Ensino de Química torna-se essencial para promover uma prática educativa que incorpore uma abordagem mais sustentável de se fazer ciência, capaz não apenas de reduzir rejeitos, mas de incentivar os futuros químicos a repensarem e projetarem suas ações de maneira mais responsável e ética em relação ao ambiente e a sociedade. Além disso, tal compreensão pode subsidiar propostas formativas que articulem o conhecimento específico da Química aos princípios da QV, favorecendo a consolidação de um *PCK* alinhado às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

Considerando a relevância de estudos sobre o *PCK* aplicado à QV, evidencia-se a necessidade de formar professores capacitados para promover uma educação alinhada aos desafios contemporâneos da sustentabilidade. Nesse sentido, as pesquisas nessa área buscam qualificar o Ensino de Química, ao valorizar a inserção de questões socioambientais na formação docente e estimular a apropriação dos conceitos de QV de forma integrada aos conteúdos químicos, contribuindo para a construção de práticas pedagógicas mais críticas, reflexivas e socialmente responsáveis. Tal perspectiva reforça a importância de articular conhecimento científico, responsabilidade ética e compromisso ambiental na formação inicial e continuada de professores de Química.

Entretanto, ao se realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de averiguar de que maneira o *PCK* em QV vem sendo investigado no Brasil, observou-se um cenário ainda incipiente. Para tanto, a RSL foi conduzida nas bases de dados Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (CTDC) e no Portal de Periódicos Capes/MEC (PPCM), considerando um recorte temporal de doze anos (2010–2022), o que possibilitou mapear produções acadêmicas relevantes e identificar lacunas na literatura nacional sobre a temática.

Inicialmente, a revisão concentrou-se na busca por publicações que abordassem especificamente o *PCK* na área de QV no contexto brasileiro. Contudo, essa busca preliminar não resultou em um número significativo de trabalhos nacionais. Diante desse achado, a estratégia metodológica foi ampliada, passando a contemplar estudos sobre *PCK* em Química de forma mais abrangente. Além disso, realizou-se uma segunda busca na base internacional *Web of Science*, com fins comparativos, a fim de analisar tendências, lacunas e possíveis avanços na produção científica internacional sobre a temática.

Como resultado desse levantamento, foram identificadas, no contexto nacional, 28 publicações relacionadas ao *PCK* em Química, sendo 9 teses, 10 dissertações e 9 artigos. No entanto, dentre esses trabalhos, apenas dois artigos abordam explicitamente o *PCK* em QV.

Em contrapartida, a busca realizada na *Web of Science*, no mesmo período, resultou em 34 trabalhos, configurando-se como a base com o maior número de publicações envolvendo os descritores “PCK” e “Química”. Quando comparados aos resultados obtidos no PPCM, observa-se uma diferença de 25 publicações a mais no cenário internacional, evidenciando maior consolidação e interesse pela temática fora do contexto brasileiro.

De modo geral, a RSL evidenciou que o *PCK* tem sido progressivamente explorado em pesquisas brasileiras no Ensino de Química. Contudo, no que se refere especificamente ao *PCK* em QV, não foram encontrados trabalhos acadêmicos nacionais, como teses e dissertações, que abordassem essa temática. Os únicos artigos identificados com os termos “PCK” e “QV” foram os de Goés *et al.* (2013) e Lozano (2015), publicados há mais de uma década. Essa lacuna evidencia a necessidade de fomentar investigações que integrem o *PCK* à QV, contribuindo para o fortalecimento de abordagens mais sustentáveis no ensino de Química e ampliando seu impacto na formação dos estudantes. Ressalta-se, por fim, que esta revisão da literatura resultou em um artigo apresentado no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) 2025, cujo texto completo encontra-se disponível no Apêndice A.

Diante do exposto, a pesquisa desenvolvida neste trabalho teve como questão norteadora a seguinte indagação: ***Como o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em QV de professores de Química se manifesta após a participação em um Curso de Extensão sobre QV?*** Essa questão direciona ao objetivo geral deste trabalho acadêmico, que é: “Descrever o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*PCK*) em QV de professores que participaram de um Curso de Extensão sobre o tema, a partir da análise das atividades realizadas por eles.” Além desse objetivo geral, apontam-se os seguintes objetivos específicos:

1. Categorizar e analisar a intensidade das manifestações dos elementos do *PCK* em QV presentes nas atividades elaboradas pelos participantes da pesquisa;
2. Identificar de que forma a QV é integrada aos conteúdos e às estratégias de ensino propostas pelos docentes nas PDs;
3. Caracterizar as contribuições do Curso de Extensão para o desenvolvimento do *PCK* dos professores, evidenciando aspectos de sua compreensão sobre o ensino voltado à sustentabilidade e sua aplicação no Ensino de Química.

Os dados foram auferidos a partir das atividades realizadas pelos participantes durante o curso de extensão “Introdução à Química Verde: princípios, métricas e ensino”, oferecido pelo Programa Integrado Química Verde e Sustentável – *Versus*, da UEPG, o qual

teve como objetivo divulgar a QV como um novo paradigma para as práticas químicas e para o seu ensino, considerando as implicações dessas atividades para o ambiente e a saúde humana. Com caráter introdutório, o curso buscou oferecer os conceitos e princípios fundamentais da QV, voltados principalmente para profissionais da área da Química, com ênfase na formação de professores.

O *corpus* de análise foi constituído por algumas atividades desenvolvidas ao longo do curso, principalmente pelas propostas didáticas elaboradas e pelas respostas ao questionário baseado no CoRe (*Content Representation*). Esse instrumento, desenvolvido por Loughran, Mulhall e Berry (2004), é muito utilizado em pesquisas sobre o *PCK* por permitir identificar aspectos do conhecimento do professor ao ensinar um determinado conteúdo.

A análise dos dados foi conduzida sob a perspectiva teórica do *PCK*, utilizando o Modelo: “Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências”, proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) como estrutura de análise, o qual é considerado um dos modelos teóricos mais influentes, detalhados e operacionais na área de pesquisa em formação de professores de ciências, apresentando as orientações para o Ensino de Ciências de forma clara e analítica (Fernandes, 2015).

A análise do *PCK* de professores de Química, realizada a partir das atividades elaboradas por eles, configura-se como uma oportunidade de compreender de que forma esses docentes expressam, em seus *PCKs*, os conhecimentos necessários para um ensino eficaz da QV. Para apoiar essa investigação, utilizou-se o “Modelo de Abordagem da QV no Ensino de Química”, proposto por Sandri e Santin Filho (2019), como ferramenta de análise das PDs, permitindo identificar indícios de incorporação da QV nos conteúdos e nas estratégias de ensino apresentados. Este modelo representa um referencial importante para orientar a inserção da QV na prática do Ensino de Química. A partir dele, foi aplicada uma rubrica de avaliação que permitiu classificar o nível do *PCK* em QV dos participantes.

Considerando a importância de formar professores com a capacidade de ensinar Química de forma mais conectada às questões sociais e ambientais, à sustentabilidade e à responsabilidade social, justifica-se a realização desta pesquisa referente ao *PCK* em QV, tendo em vista a hipótese de que um professor com um *PCK* robusto em QV pode colaborar de maneira efetiva com a formação de alunos mais críticos e conscientes.

Outra importante contribuição da elaboração deste trabalho é expandir as pesquisas sobre a temática, já que a RSL constatou a inexistência de trabalhos acadêmicos, entre teses e dissertações, que abordam o *PCK* em QV. A carência de estudos que unam essas duas vertentes do conhecimento, especialmente no contexto de cursos de formação continuada,

evidencia a necessidade de pesquisas na área, que poderão contribuir para o campo da pesquisa em Educação em Química e para a formação de professores.

Por fim, esta pesquisa pode contribuir para a compreensão de como cursos de extensão podem auxiliar na formação de professores para temas emergentes, especialmente diante da ainda limitada inserção de conceitos relacionados à QV nos currículos de formação inicial. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de maior valorização dessas iniciativas formativas, que se apresentam como espaços relevantes para suprir lacunas na formação docente.

Com o objetivo de organizar a estrutura do trabalho, o conteúdo foi dividido em quatro capítulos, conforme descrito a seguir: O Capítulo 1 aborda a Formação de Professores na Área das Ciências, incluindo as seções sobre Conhecimento Docente e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*PCK*). O Capítulo 2 é dedicado à introdução à Química Verde, com ênfase em sua gênese, seus princípios e sua abordagem no ensino de Química. O Capítulo 3 apresenta os Aspectos Metodológicos, contemplando o Contexto da Pesquisa e o Procedimento de Análise dos Dados. O Capítulo 4 traz a Análise e Discussão dos Resultados, com as análises do *PCK* de cada participante e, posteriormente, uma análise geral, encerrando-se com as Considerações Finais, seguidas pelas Referências que fundamentam o estudo.

CAPÍTULO 1

FORMAÇÃO E CONHECIMENTO DOCENTE

Este capítulo discute a importância da formação de professores, com foco no Ensino de Ciências e nos conhecimentos docentes, enfatizando o *PCK* e sua aplicação ao Ensino de Ciências, incluindo QV. Ressalta-se o papel da formação docente no desenvolvimento de competências críticas, reflexivas e voltadas à sustentabilidade, considerando o professor como agente central na construção de uma educação científica de qualidade. Apresenta-se a base de conhecimentos proposta por Shulman (1986/1987), evidenciando a articulação entre conhecimento disciplinar e estratégias pedagógicas, assim como os modelos subsequentes de Grossman e de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), que detalham os componentes do *PCK*. Por fim, o capítulo fundamenta a análise do *PCK* no contexto da QV, oferecendo uma estrutura capaz de orientar a avaliação do conhecimento docente, articulando prática pedagógica, reflexão crítica e ensino contextualizado voltado à sustentabilidade.

1.1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Nos últimos anos, observa-se uma crescente crise de confiança na ciência, intensificada pela disseminação de desinformação em larga escala, especialmente nas redes digitais, o que evidencia a necessidade de uma formação científica que ultrapasse a simples transmissão de conteúdos.

Nesse contexto, torna-se fundamental promover uma educação orientada pela perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), compreendida neste estudo em sua vertente crítica, orienta-se pela compreensão das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, destacando seus impactos sociais e ambientais (Santos, 2007; Bazzo; Pereira, 2011; Ferreira; Oliveira, 2021). Conforme destacam Chassot (2003) e Sasseron (2008), a educação científica deve fomentar a análise crítica e a participação consciente dos cidadãos em debates públicos e processos decisórios que envolvem questões científico-tecnológicas.

Neste cenário, o papel do docente como agente transformador ganha destaque na construção de uma sociedade mais crítica e capaz de enfrentar os desafios atuais, como a desinformação. De acordo com Souza e Santos (2022), a formação e a identidade do professor são elementos essenciais para lidar com os desafios emergentes e fomentar uma sociedade mais participativa e democrática. A formação de professores é, portanto, um ponto central

para a efetividade de qualquer política pública voltada à educação. Valorizar esse processo formativo significa ir além do domínio de conhecimentos conceituais, promovendo o desenvolvimento de competências pedagógicas e sociais necessárias para um ensino mais efetivo e transformador.

No entanto, é importante refletir sobre a crescente crise na formação de professores. Apesar do papel significativo que o docente exerce na sociedade como agente transformador, o interesse pelo exercício da profissão tem caído drasticamente nos últimos tempos. Dados do Censo da Educação Superior do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP (INEP, 2022) indicam uma queda significativa no interesse por cursos de licenciatura no Brasil, com uma redução de 26% no número de matrículas entre 2010 e 2021. Esse cenário evidencia desafios estruturais relacionados à valorização profissional, às condições de trabalho e à atratividade da carreira docente, fatores que impactam diretamente a qualidade da formação inicial e continuada de professores.

Além disso, projeções feitas pelo Sindicato das Entidades Mantenedoras de Estabelecimentos de Ensino Superior no Estado de São Paulo – SEMESP indicam que o país pode enfrentar um *déficit* de até 235 mil professores na educação básica até 2040, caso as tendências atuais se mantenham (SEMESP, 2022).

Diante desse cenário, que evidencia não apenas a necessidade de ampliar o número de docentes, mas também de qualificar sua atuação, a formação docente deve ser compreendida a partir do conceito de professor reflexivo, que, conforme apresentado por Schön (1997), enfatiza a prática como fonte de conhecimento e a importância da reflexão sobre a ação pedagógica. Essa perspectiva se amplia ao discutir a gênese do conceito e suas implicações para a formação de professores no Brasil, destacando a necessidade de perceber o professor como um sujeito capaz de articular teoria e prática (Pimenta, 2006).

A complexidade do trabalho docente é também refletida na diversidade de saberes mobilizados pelo professor. Esses saberes são plurais e incluem os saberes profissionais, vinculados à prática cotidiana; os saberes curriculares, relacionados aos conteúdos e programas de ensino; e os saberes experienciais, advindos da trajetória de vida e da prática docente. A reflexão sobre a profissão docente no Brasil demanda, ainda, considerar o contexto das políticas educacionais e da carreira docente. Gatti (2013, 2021) e Saviani (2008) destacam que a formação de professores não pode ser dissociada das políticas públicas e da estrutura social da educação, o que evidencia a relação entre os saberes do professor e sua valorização profissional. Essa compreensão dialoga com a perspectiva de Tardif (2014), que concebe os

saberes docentes como construções sociais resultantes da formação, da experiência e do contexto profissional.

Nesse cenário, torna-se essencial refletir sobre os desafios enfrentados pelos professores no cenário educacional atual do país, principalmente no que se refere ao ensino de Ciências. Para compreender os desafios da educação no nosso século, é indispensável reconhecer que sua função vai além da preparação técnica dos estudantes. Trata-se de um processo que deve estar voltado para a construção de sociedades mais justas e sustentáveis. Como argumenta Lemke (2006, p. 6), a educação deve possibilitar melhores condições de vida, ampliando as oportunidades de inclusão e fortalecendo a cooperação de toda a humanidade.

Dada a influência da ciência na vida social e individual, é essencial compreender o seu processo de produção. Assim, como destacam Sasseron e Carvalho (2011), é preciso oferecer condições para um entendimento público da ciência, reconhecendo seus impactos na sociedade e no meio ambiente. Para Chassot (2003), identifica-se um aspecto igualmente significativo: o estímulo à curiosidade dos estudantes. Esse entendimento é relevante para o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que a ciência tende a ser percebida como pouco interessante pelos estudantes. Nesse sentido, despertar o interesse dos estudantes pela ciência constitui um desafio central para o Ensino de Ciências, exigindo abordagens pedagógicas contextualizadas e socialmente significativas.

O Ensino de Ciências não deve se restringir à simples memorização de conceitos; é necessário que os estudantes sejam preparados para investigar e resolver problemas reais, desenvolvendo autonomia intelectual e capacidade crítica (Cachapuz *et al.*, 2014). Nesse sentido, o ensino deve promover a compreensão e o desenvolvimento de tecnologias úteis, de forma a minimizar os danos às pessoas, à sociedade e ao meio ambiente. Para isso, é necessário valorizar a integração entre os conhecimentos científicos e suas aplicações, em vez de priorizar princípios abstratos, sobretudo nos níveis iniciais de formação, até que os estudantes escolham aprofundar esse caminho em níveis mais avançados de estudo.

A ciência deve ser articulada com outras áreas do conhecimento, como a matemática, a história, a literatura, a economia, a política e os valores éticos, eliminando discursos que a coloquem como a única e superior forma de saber. A importância de reconhecer a participação histórica da ciência em projetos militares, comerciais e políticos de caráter questionável fortalece uma formação cidadã global, com valores mais solidários (Lemke, 2006).

O professor de Ciências atua como mediador de processos de aprendizagem que não apenas transmitem informações, mas estimulam o desenvolvimento de atividades mentais

superiores, favorecendo a construção de significados e a internalização crítica dos conceitos científicos. Essa articulação entre a prática reflexiva (Schön, 1997) e a perspectiva histórico-cultural (Vygotsky, 2007) reforça a necessidade de uma docência que seja, ao mesmo tempo, investigativa e formadora de sujeitos capazes de compreender a ciência em suas dimensões epistemológicas, sociais e culturais.

Embora o Ensino de Ciências tenha passado por grandes mudanças, ainda precisa ser repensado, de forma a superar a visão positivista, fragmentada e totalmente hierarquizada do conhecimento, a qual está baseada na ideia de que “todos os saberes se desenvolvem em estrutura crescente de importância” (Cachapuz *et al.*, 2014, p. 46).

Esses desafios exigem não apenas uma formação sólida, mas também uma profissionalização docente que permita o desenvolvimento da autonomia, da ousadia e a aquisição de conhecimentos diversificados. Essas competências são indispensáveis para atender às demandas cada vez mais complexas da educação contemporânea (Gorzoni; Davis, 2017). Nesse contexto, torna-se fundamental que a formação docente favoreça o desenvolvimento de conhecimentos profissionais capazes de integrar conteúdos científicos, aspectos pedagógicos e questões socioambientais, como proposto no âmbito do *PCK*.

1.2 CONHECIMENTOS DOCENTES

São várias as conquistas quanto à profissionalização do professor no decorrer da história educacional do país; no entanto, persiste ainda uma concepção equivocada com relação ao exercício profissional da docência, que a reduz a uma simples técnica reprodutora de conhecimento e/ou à monitoria de programas pré-elaborados, o que contribui efetivamente para a desvalorização da profissão (Pimenta, 1996). O ato de ensinar é algo complexo que vai além da transmissão de conteúdos científicos, exigindo do professor habilidades, conhecimentos e saberes adquiridos no exercício de seu trabalho.

A compreensão equivocada sobre a profissão docente influenciou diretamente o ensino e a prática pedagógica. Roldão (2007) considera que ocorreu uma tecnicização da atividade docente, decorrente de determinadas tendências. Entre elas, destacam-se a limitação do aprofundamento das especificidades da função e do conhecimento pedagógico, bem como a orientação para procedimentos operativos nos quais o saber é minimizado e a reflexão é dispensada. Esses fatores, além de comprometerem o desenvolvimento do conhecimento profissional, contribuíram para a estagnação e para a negação da identidade do professor, o que reforça a necessidade de compreender a docência como uma prática intelectual e

reflexiva, na qual o professor mobiliza conhecimentos especializados para transformar o conteúdo científico em objeto de ensino.

Tal concepção se distancia da noção de professor reflexivo, conforme explicitado no Art. 6º da Resolução CNE/CP nº 4/2024, que estabelece as diretrizes para a formação inicial e continuada de professores, enfatizando a indissociabilidade entre conhecimento, prática e reflexão crítica (Brasil, 2024) No campo específico da formação de professores de Química, essa articulação ganha relevância quando relacionada ao *PCK*.

Reconhecendo a autonomia docente como elemento essencial do processo de ensino, é fundamental que a educação seja permeada não só pela sensibilidade humana, mas também pelos conhecimentos docentes. Ambos são indispensáveis para a formação do aluno como um ser social, pois permitem que o professor compreenda as abordagens e os propósitos do ensino, capacidades fundamentais para a atuação profissional. Essa compreensão possibilita que ele conduza o processo de aprendizagem com clareza e sentido, impactando diretamente o desenvolvimento dos alunos.

Foi pensando no desenvolvimento profissional dos professores e nos processos de ensino e aprendizagem que Lee Shulman e seus colaboradores (1986) propuseram a Base do Conhecimento para o Ensino (*Knowledge Base for Teaching*). A tipologia de Shulman foi criada a partir da análise de pesquisas sobre os saberes docentes, destacando-se, sobretudo, sua relevância para a formação inicial de professores (Correia, 2016). Na proposta original, Shulman (1986) apresentou três categorias de conhecimentos essenciais para a prática docente: Conhecimento do Conteúdo Específico, Conhecimento Curricular e o *PCK*, considerado o núcleo central da Base de Conhecimentos para a docência.

Shulman (1986) argumenta que o ato de ensinar deve ser compreendido como uma profissão que exige não apenas o domínio do conteúdo, mas também o desenvolvimento de competências específicas para sua efetivação. Em seu artigo *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*, o autor inicia sua discussão questionando a máxima “*He who can, does; he who cannot, teaches*” (“Quem pode, faz. Quem não pode, ensina”), considerando-a uma afronta à profissão docente, especialmente quando reproduzida pelos próprios professores, o que a torna ainda mais ofensiva.

Ao problematizar essa concepção, Shulman busca reafirmar que o ensino não se limita ao domínio do conteúdo científico, mas envolve um conjunto de conhecimentos e competências indispensáveis à prática pedagógica, contribuindo, assim, para o reconhecimento da docência como uma profissão fundamentada em saberes específicos e como um campo profissional especializado.

Para investigar empiricamente como esses conhecimentos se manifestam na prática, Shulman (1986) desenvolveu o programa de pesquisa “Crescimento do Conhecimento no Ensino”, cujo objetivo era analisar as ações dos professores, ou seja, o conjunto de entendimentos, concepções e orientações que constitui a base de sua compreensão das disciplinas que ensinam, delineando o perfil de sua biografia intelectual. Esse conjunto de ideias evidencia que o ensino é uma atividade complexa, que exige não apenas domínio de conteúdos, mas também competências pedagógicas e reflexivas, reforçando a necessidade de uma formação docente sólida e continuada. Nesse contexto, emerge o conceito de *PCK*, apresentado por Shulman como o conhecimento que distingue o professor especialista do simples detentor do conteúdo disciplinar.

Foi a partir desse programa de pesquisa que a docência passou a ser reconhecida com maior visibilidade como profissão, exigindo do professor constante reflexão e aprimoramento da prática docente. As investigações de Lee Shulman tiveram um impacto significativo na formação docente, sobretudo ao introduzir o conceito de *PCK*. A base de conhecimentos de Shulman transformou o debate sobre a formação docente ao argumentar que a verdadeira perícia do professor reside na capacidade de transformar seu conhecimento do conteúdo em formas pedagogicamente significativas para seus estudantes, o que constitui a essência do *PCK*. Esse conceito ressalta a importância de articular o conhecimento específico da disciplina ao conhecimento pedagógico, possibilitando aos professores adaptar os conteúdos às necessidades dos alunos.

Os estudos de Shulman exerceram influência significativa nas políticas educacionais, incentivando a elaboração de currículos que enfatizam a reflexão crítica e a especialização docente, promovendo a profissionalização e o aprimoramento contínuo da prática pedagógica (Vieira; Araújo, 2016). Desde então, essas ideias vêm sendo amplamente incorporadas em pesquisas sobre formação de professores. Reforçar a docência com foco na profissionalização é importante para a valorização e a credibilidade do professor perante a sociedade, reconhecendo-o como um dos principais agentes de transformação no campo educacional. Nesse sentido, compreender os conhecimentos profissionais que sustentam a prática docente torna-se fundamental, especialmente aqueles relacionados à capacidade de ensinar conteúdos específicos de forma significativa, como proposto no âmbito do *PCK*.

1.3 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO

As habilidades adquiridas pelos professores ao ensinar determinado conteúdo com

eficiência são desenvolvidas a partir de conhecimentos e competências que vão sendo aprimorados ao longo da prática docente. Foi nesse contexto que o autor apresentou sua proposta inicial de tipologia de conhecimentos necessários à docência: o Conhecimento do Conteúdo Específico, o Conhecimento Curricular e o *PCK*. Essas categorias evidenciam que o ensino eficaz depende não apenas do domínio do conteúdo, mas também da compreensão curricular e da capacidade de transformá-lo em conhecimento ensinável.

Posteriormente, em 1987, Shulman ampliou esse modelo, sistematizando sete categorias de conhecimentos que compõem a base da prática docente: (1) Conhecimento de Conteúdo; (2) Conhecimento Pedagógico Geral; (3) Conhecimento do Currículo; (4) Conhecimento Pedagógico do Conteúdo; (5) Conhecimento dos Alunos e de suas Características; (6) Conhecimento dos Contextos Educativos; (7) Conhecimento dos Fins, Propósitos e Valores Educacionais (Shulman, 1987).

Apesar de todas as categorias serem relevantes, Shulman passa a considerar o *PCK* como uma das mais importantes, pois, além de ser uma categoria que integra a presença de todas as outras, ela estabelece uma distinção entre um professor de uma determinada área e um especialista nessa área. Para Shulman (1986), o *PCK* constitui-se a partir de um processo dinâmico e cíclico de reflexão e ação, denominado Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA), sendo o conhecimento que distingue um professor de um especialista bacharel na matéria, ou seja, o conhecimento próprio do professor de uma determinada área ou disciplina. Desde então, o termo *PCK* tem sido empregado para designar as competências e habilidades necessárias à docência em um processo de ensino-aprendizagem eficaz. Nesse sentido, o desenvolvimento do *PCK* torna-se importante para compreender como professores de Química mobilizam conhecimentos pedagógicos e científicos ao abordar temáticas contemporâneas, como a QV.

A partir dessa reformulação, o conceito de *PCK* ganhou centralidade, tratando-se da integração entre o conhecimento específico da disciplina e as estratégias pedagógicas adequadas para torná-lo compreensível para os alunos (Shulman, 1987). Esse enfoque destacou que ensinar não se limita à transmissão de informações, mas exige articular saberes, selecionar métodos e adaptar conteúdos às necessidades de aprendizagem dos estudantes.

O modelo mostra o ensino como um processo dinâmico e circular, no qual a *expertise* não é estática, mas se desenvolve continuamente por meio da reflexão sobre a prática e da mobilização do *PCK*. O termo *expertise*, de origem francesa, é amplamente utilizado em português e em inglês para se referir a um nível elevado de conhecimento especializado ou a uma habilidade avançada em uma área específica. O processo de ensino, na

perspectiva de Shulman (1987), é compreendido como um ciclo contínuo de seis estágios que se articulam na prática docente, conforme resumido no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1.1 - Modelo de Raciocínio e Ação Pedagógicos (MRPA).

Compreensão	De propósitos, estruturas do conteúdo, ideias dentro e fora da disciplina.
Transformação	Preparação: interpretação crítica e análise de textos, estruturando e segmentando, desenvolvimento de um repertório curricular e esclarecimento de propósitos. Representação: uso do repertório representacional, que inclui analogias, metáforas, exemplos, demonstrações, explicações e assim por diante. Seleção: escolha dentro de um repertório instrucional que inclui modos de ensinar, organizar, gerenciar e arrumar. Adaptação e ajuste às características dos alunos: consideração de conceitos, preconceitos, equívocos e dificuldades, língua, cultura e motivações, classe social, gênero, idade, habilidade, aptidão, interesses, autoestima e atenção.
Instrução	Gerenciamento, apresentações, interações, trabalho em grupo, disciplina, humor, questionamentos e outros aspectos do ensino ativo, instrução de descoberta ou de investigação e as formas observáveis de ensino em sala de aula.
Avaliação	Verificação do entendimento do aluno durante o ensino interativo. Testar o entendimento do aluno no final das aulas ou unidades. Avaliar o próprio desempenho e ajustá-lo às experiências.
Reflexão	Rever, reconstruir, reconstituir e analisar criticamente o próprio desempenho e o da classe, e fundamentar as explicações em evidência.
Novas compreensões	De propósitos, da matéria, dos alunos, do ensino e de si mesmo. Consolidação dos novos entendimentos e aprendizagens da experiência

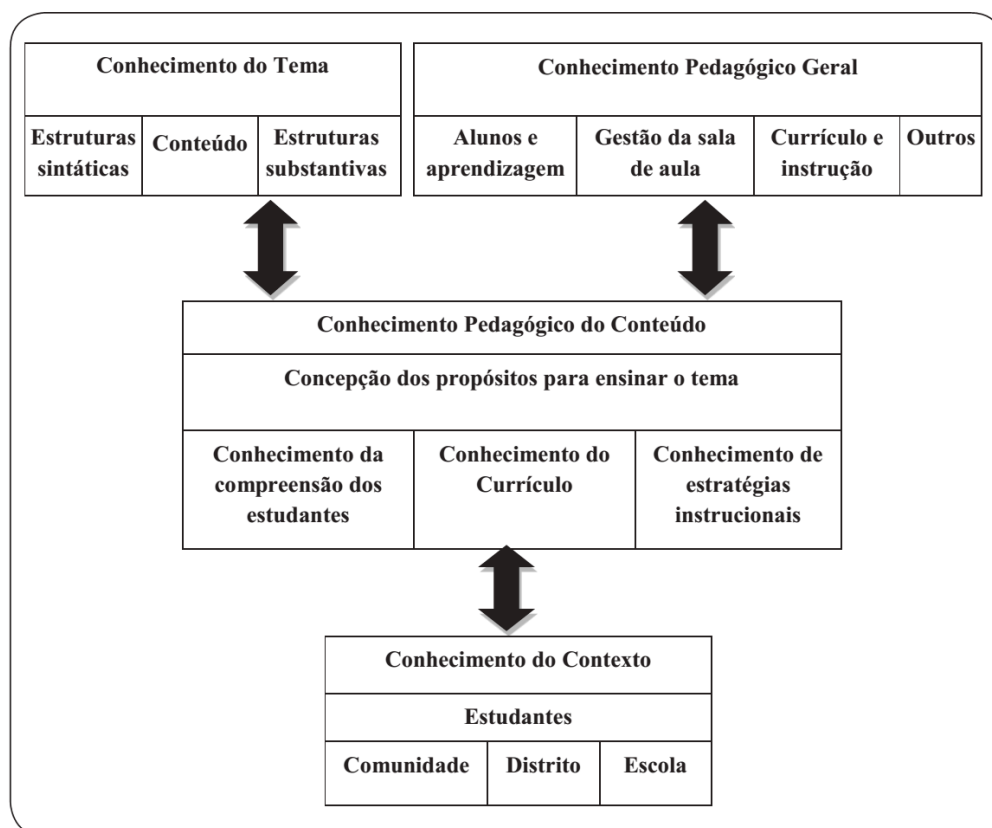
Fonte: Adaptado da tradução de Leda Beck e revisão técnica de Paula Louzano (2014) - p. 216. Lee Shulman (1987).

Desde então, o *PCK* começou a despertar grande interesse entre estudiosos do trabalho docente, impulsionando inúmeras pesquisas que se dedicaram a compreendê-lo e sistematizá-lo. Nesse movimento, surgiram diferentes modelos teóricos que buscam organizar e aprofundar esse conceito, contribuindo para consolidá-lo como uma referência central nos estudos sobre a profissionalização docente. Entre esses modelos, destacam-se as contribuições de Grossman (1990) e de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), que ampliaram e operacionalizaram o conceito de *PCK* no contexto do Ensino de Ciências.

A primeira estudiosa a sistematizar os componentes da base de conhecimentos de professores e sua relação com o *PCK* foi Pamela Grossman, orientanda de doutorado de Lee Shulman. Na obra *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education* (1990), a autora apresenta seu modelo de sistematização do *PCK*, composto por quatro componentes que interagem entre si e constituem o conhecimento base para o ensino: Conhecimento Pedagógico, Conhecimento do Conteúdo, Conhecimento Pedagógico do

Conteúdo e Conhecimento do Contexto. O modelo proposto por Grossman contribuiu para operacionalizar o conceito de *PCK*, ao explicitar os diferentes conhecimentos mobilizados pelo professor no processo de ensino. Essa proposta é representada na Figura 1.1.

Figura 1.1 - Modelo de Conhecimento de Professores proposto por Grossman (1990).



Fonte: Fernandez (2015)

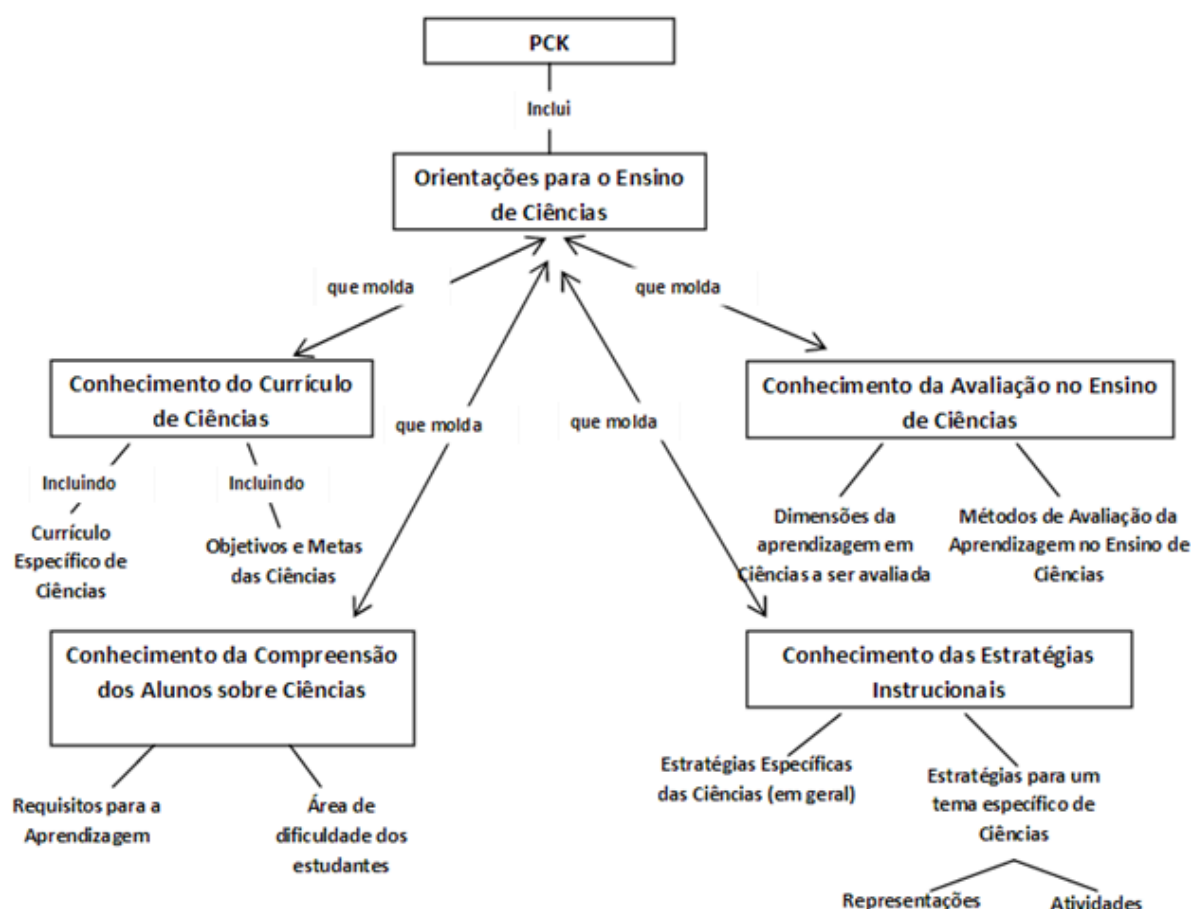
Os componentes propostos por Grossman (1990) estão muito próximos aos de Shulman, sendo que, para a autora, o *PCK* é o conhecimento central da base de ensino, capaz de influenciar e ser influenciado por todos os outros conhecimentos. No entanto, ela realiza uma substituição: no lugar do Conhecimento do Conteúdo, adota o Conhecimento do Tema, por considerá-lo mais fiel ao conceito original de Shulman. Conforme a compreensão de Fernandes (2015), o Conhecimento do Tema pressupõe que o professor possua uma compreensão do porquê de um determinado tópico ser central para a disciplina, enquanto outros são periféricos.

Desde então, vários outros modelos de *PCK* foram sendo construídos, de acordo com o entendimento e os propósitos que cada autor considera relevantes para um ensino eficaz de determinado conteúdo. No campo do ensino de Ciências, não foi diferente. Um dos modelos mais influentes é o proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), que ressalta os

componentes do *PCK* voltados especificamente para essa área. Esse modelo é amplamente reconhecido na área de ensino de Ciências por sua abrangência e sistematização em cinco componentes: orientações para o ensino de Ciências, conhecimento do currículo, conhecimento da avaliação, conhecimento dos alunos e conhecimento das estratégias instrucionais (Fernandes, 2015).

Com base no trabalho de Grossman (1990), e ampliado com a inclusão do componente “Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências”, Magnusson, Krajcik e Borko (1999) propuseram o modelo “Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências”. Nesse modelo, os componentes já mencionados são inter-relacionados, fornecendo uma estrutura abrangente para compreender e analisar o conhecimento necessário ao ensino de Ciências, conforme ilustrado na Figura 1.2.

Figura 1.2 - Modelo de *PCK* de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) - “Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências”.



Fonte: Adaptado de Magnusson; Krajcik; Borko, 1999. p.99, tradução nossa.

Segundo o modelo de *PCK* apresentado na Figura 1.2, cujo foco está no desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em professores de Ciências, os

autores detalharam cada um dos componentes que o compõem, definindo os conhecimentos específicos associados a cada um deles.

As orientações para o ensino de Ciências referem-se às crenças e aos propósitos do professor sobre o ensino de Ciências (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999). Trata-se da compreensão do porquê ensinar Ciências. Esse conhecimento possui uma função central, sendo responsável por moldar e orientar os demais componentes, principalmente no que se refere à capacidade de tomada de decisão quanto ao planejamento, à implementação e à reflexão sobre o ensino, ou seja, reporta-se ao conhecimento do professor acerca dos objetivos e propósitos do ensino de Ciências. Refere-se, portanto, à visão que o professor possui sobre o que é importante que o aluno aprenda e sobre como essa aprendizagem deve ocorrer (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999). Nesse componente, estão incluídas as concepções do professor acerca da natureza da ciência, do papel do ensino e das finalidades da educação científica.

Com relação ao conhecimento e às crenças sobre o currículo de Ciências, esse componente envolve o entendimento do professor acerca do currículo oficial e dos materiais didáticos. Trata-se da compreensão do que ensinar. O professor precisa saber não apenas quais são os tópicos a serem ensinados, mas também a ordem em que são apresentados, as principais metas e objetivos do currículo e quais recursos estão disponíveis para apoiar o ensino. Seguindo o pensamento de Grossman (1990), os autores incluíram esse componente como parte do processo pedagógico, por compreenderem que ele representa o conhecimento que distingue o conteúdo do especialista daquele mobilizado pelo docente. Esse conhecimento possibilita ao professor selecionar e adaptar conteúdos curriculares de acordo com os objetivos educacionais e as necessidades dos estudantes.

Já o conhecimento e as crenças sobre a compreensão dos alunos acerca de tópicos científicos específicos referem-se ao entendimento do professor sobre o pensamento dos estudantes. Trata-se da compreensão de quem aprende. O professor deve conhecer quais ideias prévias os alunos possuem sobre determinado tema (mesmo que estejam equivocadas), quais dificuldades podem enfrentar e quais são seus interesses. Esse componente refere-se ao conhecimento que os professores devem possuir sobre os alunos, a fim de auxiliá-los no desenvolvimento de conhecimentos científicos específicos que façam sentido. Inclui duas categorias de conhecimento: requisitos para a aprendizagem específica de conceitos científicos e áreas da Ciência que os alunos consideram difíceis (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999).

O conhecimento e as crenças sobre estratégias instrucionais para o ensino de Ciências dizem respeito à forma como o professor ensina. Trata-se da compreensão de como ensinar. Esse componente inclui o conhecimento acerca dos métodos e das atividades mais eficazes para o ensino de determinados tópicos. Refere-se aos métodos e/ou esquemas que auxiliam o ensino de Ciências, favorecendo a compreensão dos alunos sobre conteúdos específicos (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999).

No que diz respeito aos conhecimentos e às crenças sobre avaliação em Ciências, trata-se do conhecimento do professor acerca de como avaliar a aprendizagem dos alunos. Refere-se à compreensão de como verificar a aprendizagem. Não se trata apenas de aplicar provas, mas de utilizar diferentes métodos (como observação, projetos ou relatórios) para verificar o que os alunos realmente compreenderam. O professor precisa saber como utilizar a avaliação para identificar em quais aspectos o aluno necessita de maior apoio e para ajustar o próprio ensino. Esse conhecimento corresponde ao processo que visa identificar os níveis de aprendizagem dos alunos, bem como os caminhos para avaliar essas características dentro de um tema específico de Ciências. Coerente com o propósito desse componente, ele se organiza em duas categorias: dimensões da aprendizagem em Ciências a serem avaliadas e métodos de avaliação da aprendizagem no ensino de Ciências (Magnusson; Krajcik; Borko, 1999).

Os autores supracitados apontam que o ensino de Ciências tem como propósito a transformação de diferentes tipos de conhecimentos, que quando articulados, favorecem o processo de ensino e aprendizagem. O professor, ao reconhecer o valor de suas experiências e saberes na construção de uma compreensão própria sobre o conteúdo que irá trabalhar, desenvolve a capacidade de refletir e aprimorar continuamente sua prática.

O Modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), foi escolhido para servir de base orientadora à análise desta pesquisa por oferecer uma estrutura analítica específica para o ensino de Ciências. Além dele transformar o conceito teórico de *PCK* em um modelo prático e detalhado, fornecendo a robustez metodológica necessária para uma análise válida do *PCK* em QV dos participantes da pesquisa.

CAPÍTULO 2

QUÍMICA VERDE: UMA RESPOSTA SUSTENTÁVEL AOS DESAFIOS AMBIENTAIS

A Química está no cerne de praticamente todas as tecnologias contemporâneas, oferecendo contribuições inestimáveis para setores essenciais da sociedade, como a medicina, a agricultura e os diversos ramos industriais. Entretanto, com o avanço da produção e da aplicação de substâncias químicas, também se tornaram evidentes os impactos negativos associados ao seu uso, sobretudo no que se refere ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, emerge a necessidade de repensar os processos químicos sob a perspectiva da sustentabilidade, impulsionando o desenvolvimento de abordagens que conciliam avanço tecnológico e responsabilidade socioambiental.

É nesse cenário que emerge a QV como uma resposta sustentável aos crescentes problemas ambientais causados pelos processos e produtos químicos. Neste capítulo, será abordado um breve histórico do surgimento da QV, bem como sua definição e seus princípios. Destaca-se, ainda, a importância da QV para o ensino de Química, pois sua inserção pode contribuir significativamente em três frentes: profissional, ao capacitar futuros especialistas para o desenvolvimento de processos responsáveis e sustentáveis; pedagógica, ao fornecer aos professores conhecimentos que possibilitem integrar a sustentabilidade às disciplinas de Química e Ciências; e social, ao formar cidadãos mais críticos e proativos na busca por uma sociedade sustentável. Assim, a QV configura-se não apenas como uma abordagem científica, mas também como um referencial educacional capaz de orientar práticas de ensino alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável.

2.1 HISTÓRICO DA QUÍMICA VERDE

O século XX foi, inegavelmente, um período de grandes contradições, marcada por intensa dicotomia. O período testemunhou conflitos globais e uma reconfiguração política, oscilando entre a destruição em massa das guerras mundiais e a superação de conflitos ideológicos em direção a uma crescente interconexão global. Paralelamente, houve um acelerado avanço científico e tecnológico, bem como profundas transformações sociais e culturais. Essa intensa atividade humana, especialmente o desenvolvimento industrial impulsionado pela tecnologia, teve um alto custo, pois todos esses fatores se tornaram precursores e catalisadores de problemas ambientais, principalmente no que se refere aos

processos químicos (Hobsbawm, 1995; McNeill, 2000). Nesse contexto, a intensificação da produção química e industrial passou a demandar novas abordagens capazes de conciliar desenvolvimento tecnológico e preservação ambiental, cenário que favoreceu o surgimento da QV.

A partir desse momento, os temas relacionados ao meio ambiente passaram a ocupar posição de destaque na agenda global, promovendo discussões e medidas voltadas à sustentabilidade nos campos político, industrial e acadêmico. Um marco nesse processo ocorreu em 1962, com a publicação da obra *Primavera Silenciosa*, da bióloga e escritora Rachel Carson, que denunciou os riscos decorrentes do uso indiscriminado de pesticidas e inseticidas, em especial o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano), amplamente utilizado na agricultura para o controle de pragas, o que causou a morte de pássaros e peixes, além da contaminação da cadeia alimentar em todo o território norte-americano. Essa publicação teve grande repercussão ao alertar autoridades e a sociedade para as consequências ambientais e sociais do uso descontrolado desses compostos químicos, inaugurando um movimento crítico ambientalista. A obra é considerada um dos principais marcos do movimento ambiental moderno, contribuindo para o fortalecimento da regulação ambiental e para o questionamento dos impactos da indústria química.

Anos depois, o Clube de Roma, fundado em 1968, na Itália, ficou conhecido por ter encomendado o relatório *Os Limites do Crescimento* (Meadows *et al.*, 1972). Esse estudo serviu como um alerta global sobre a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento da época, abrangendo aspectos relacionados à poluição ambiental, ao crescimento populacional mundial, ao acelerado crescimento econômico e, conseqüentemente, ao aumento do consumo, bem como suas implicações para o planeta em médio e longo prazo. O relatório contribuiu para consolidar o debate internacional sobre os limites ambientais do crescimento econômico, influenciando políticas ambientais e discussões posteriores sobre desenvolvimento sustentável.

No mesmo período, ocorreu a primeira conferência global sobre o ambiente humano, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972. Foi a primeira grande reunião de chefes de Estado destinada a tratar, de forma articulada, os problemas decorrentes da degradação ambiental. O encontro teve como objetivo central a formulação de diretrizes para a proteção e melhoria da qualidade ambiental, bem como a prevenção e a remediação dos danos já observados. Um dos marcos dessa conferência foi o reconhecimento da educação ambiental como fundamento essencial para a construção de soluções duradouras frente à crise ambiental. A partir dela, multiplicaram-se encontros

internacionais, conferências, convenções e assembleias, que reafirmaram a urgência de inserir a dimensão ambiental nas políticas públicas, nas práticas sociais e nos processos educativos, consolidando o meio ambiente como pauta estratégica de alcance global.

Já no ano de 1987, foi publicado um documento pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), o Relatório Brundtland, oficialmente intitulado “*Our Common Future*”, consolidou e difundiu o conceito de Desenvolvimento Sustentável, compreendido como uma evolução da noção de sustentabilidade, ao articular, de forma indissociável, as dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento. O relatório definiu o desenvolvimento sustentável como “aquele capaz de suprir as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p.46).

Esse termo ganhou maior notoriedade na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, conhecida como Rio-92. De acordo com Sandri (2016), esse conceito tem sido alvo de numerosos estudos e de tentativas de estabelecimento de políticas de gestão que buscam contemplar seus princípios centrais. A Rio-92 consolidou internacionalmente o DS como princípio orientador das políticas ambientais, influenciando também a reformulação de práticas científicas e industriais, contexto no qual se fortalece o surgimento da QV.

Os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são amplamente utilizados na literatura científica e muitas vezes aparecem com significados bastante próximos, embora não haja consenso quanto aos seus conceitos. Feil e Schreiber (2017) consideram que a sustentabilidade consiste no objetivo final a ser alcançado por meio das estratégias empregadas no desenvolvimento sustentável. Ou seja, a sustentabilidade refere-se a algo mais amplo, que traz uma noção global, mais consciente e responsável sobre as atividades antrópicas, pautadas não somente no respeito ao meio ambiente e no uso racional dos recursos naturais, mas também em questões sociais, sendo o DS um dos meios pelos quais isso pode ocorrer. Essa distinção é fundamental para compreender propostas científicas contemporâneas, como a QV, que busca operacionalizar os princípios do desenvolvimento sustentável no âmbito das práticas químicas.

Todos os acontecimentos mencionados referem-se ao âmbito político, surgindo como resposta às crescentes crises ambientais. No entanto, também houve avanços significativos nos âmbitos industrial e acadêmico, igualmente motivados por essas crises. No âmbito industrial, podem ser destacados alguns acontecimentos importantes, tais como: a Atuação Responsável, que representa uma iniciativa voluntária da indústria química global, criada em

1985, no Canadá; a Lei de Prevenção da Poluição (P2), instituída em 1990, nos Estados Unidos, com o objetivo de reduzir a quantidade de poluentes e resíduos produzidos pelos processos industriais; a Minimização de Resíduos, integrada à P2 e voltada especificamente para a indústria química; o Processo com Segurança Inerente, que não corresponde exatamente a uma lei, mas a um conceito amplamente aplicado na indústria química e alinhado às diretrizes da P2, referindo-se ao desenho de processos que eliminem ou reduzam riscos desde a origem, em vez de controlá-los por meio de barreiras externas; e o *Design* para o Ambiente (DfE), que não surgiu como uma lei ou iniciativa única, mas como uma abordagem estratégica desenvolvida a partir das décadas de 1980 e 1990, voltada ao planejamento de produtos e processos industriais com impacto ambiental mínimo (Machado, 2011).

Ainda no âmbito governamental, cabe destacar o programa de fomento às Rotas Sintéticas Alternativas, lançado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* – EPA), em 1991. Esse programa buscava envolver a indústria, a academia e outras partes interessadas no desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis, incluindo o uso de rotas sintéticas alternativas que reduzissem o desperdício e os riscos, representando um dos marcos iniciais do surgimento da QV.

Com base nesse contexto histórico, o próximo tópico apresentará o conceito e os princípios da QV. Esse movimento consolidou a transição de abordagens corretivas para estratégias preventivas na Química, princípio que viria a fundamentar o desenvolvimento da QV nas décadas seguintes.

2.2 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Dando continuidade à compreensão do contexto em que a QV se consolidou, é importante destacar sua definição formal e os autores que a sistematizaram. A definição formal da QV foi apresentada em 1998 por dois químicos norte-americanos, Paul Anastas e John Warner, como o “desenho, desenvolvimento e aplicação de processos e produtos que sejam pouco nocivos ou inócuos à saúde humana e ao meio ambiente” (Anastas; Warner, 1998, p. 11). Sua definição ampara-se em doze princípios norteadores, os quais definem diretrizes para práticas químicas mais sustentáveis.

Esses princípios abrangem desde a prevenção da geração de resíduos até a proposição de métodos que utilizem matérias-primas renováveis, solventes menos agressivos e processos energeticamente mais eficientes. Mais do que um conjunto de diretrizes, eles

constituem um guia sistemático que orienta a prática científica e industrial em direção à sustentabilidade ambiental, à eficiência atômica e à segurança inerente. Ao serem analisados em conjunto, evidenciam o papel da QV como um novo paradigma, pautado na promoção de uma inovação responsável e na busca pela compatibilidade entre o desenvolvimento químico e a preservação ambiental (Anastas; Warner, 1998). A seguir, apresentam-se os doze princípios, conforme definidos por seus autores:

1 – Prevenção - a ideia é evitar a poluição na fonte, ou seja, é preferível prevenir a formação de resíduos do que tratá-los ou limpá-los depois de gerados. Segundo Lenardão *et al.* (2003), a partir do momento em que se investe em tecnologias mais limpas de produção, não há necessidade de investimentos pesados no tratamento de resíduos, que muitas das vezes não resolve totalmente o problema. Em suma, o primeiro princípio é a base sobre a qual todos os outros se apoiam, pois não são princípios isolados, mas sim estratégias para atingir a meta final da prevenção.

2 - Economia de átomos - desenvolver métodos sintéticos que incorporem todos os átomos dos reagentes no produto final, a fim de gerar o mínimo possível de subprodutos. A economia atômica é a medida da porcentagem de átomos de todos os reagentes que são incorporados no produto final, servindo como um indicador da eficiência do processo em termos de desperdício. O principal objetivo é atingir 100% de aproveitamento atômico, o que significa que todos os átomos dos reagentes se transformam em produto, e a geração de resíduos é completamente evitada dentro de uma condição de idealidade.

3 - Reações com compostos de menor toxicidade - sempre que possível, os métodos de síntese devem usar e gerar substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade para o ser humano e para o meio ambiente.

4 - Desenvolvimento de compostos seguros - os produtos químicos devem ser projetados para serem totalmente eficazes, mas com toxicidade reduzida ou nula. Os princípios 3 e 4 podem ser considerados complementares, pois envolvem tanto a toxicidade dos reagentes quanto dos produtos envolvidos em um processo (Lenardão *et al.*, 2003). Enquanto o princípio 3 foca na síntese de produtos menos perigosos, o princípio 4 aborda o projeto de produtos mais seguros. Eles trabalham juntos para garantir que tanto o processo de fabricação quanto o produto final sejam os menos tóxicos possível.

5 - Diminuição do uso de solventes e auxiliares - evitar o uso de substâncias auxiliares (como solventes de separação, por exemplo) ou, quando necessário, usá-las de forma segura e com o mínimo de toxicidade. Esse princípio defende que o uso de substâncias auxiliares, como solventes de separação, deve ser evitado sempre que possível e quando forem

estritamente necessários, a preferência seja por aqueles que são seguros para o meio ambiente e para a saúde humana. A importância deste princípio é enorme porque os solventes representam uma grande parte da massa de resíduos na indústria química, especialmente na farmacêutica.

6 - Eficiência energética - reconhecer os impactos ambientais e econômicos da energia e buscar métodos sintéticos que exijam menos energia, operando à temperatura e pressão ambiente sempre que viável. O consumo de energia, muitas vezes invisível, é um dos principais fatores que contribuem para o custo de um produto químico e para as emissões de gases de efeito estufa. Um processo que requer aquecimento, resfriamento ou altas pressões para funcionar consome uma quantidade significativa de energia. A produção dessa energia, na maioria das vezes, depende de fontes não renováveis, como combustíveis fósseis (Lenardão *et al.*, 2003).

7 - Uso de substâncias renováveis - preferir matérias-primas (biomassa) renováveis em vez de não renováveis, sempre que for técnica e economicamente viável. Esse princípio destaca a iminente necessidade de reduzir a dependência de matérias-primas não renováveis, considerando a limitação desses recursos e os impactos ambientais associados à sua exploração.

8 - Evitar a formação de derivados - evitar o uso de grupos protetores, bloqueadores e outras modificações temporárias, pois essas etapas adicionais consomem reagentes e geram resíduos. O ponto mais importante deste princípio é a eliminação de etapas adicionais e desnecessárias em uma síntese química, tendo como objetivo a redução de derivados, capaz de simplificar processos químicos e, por consequência, torná-los mais eficientes e sustentáveis.

9 - Catálise - o uso de catalisadores é preferível a reagentes estequiométricos, já que os catalisadores são necessários em pequenas quantidades e podem ser reutilizados, evitando o excesso de resíduos. Esse princípio se destaca por ser um dos mais importantes para o design de processos químicos eficientes, seletivos e, principalmente, com baixo desperdício.

10 - Desenvolvimento de substâncias degradáveis - os produtos químicos devem ser projetados para, após sua função, se decomporem em produtos de degradação inofensivos e não persistirem no ambiente. É um dos princípios voltados para o ciclo de vida completo de um produto, tendo como meta garantir que os produtos sejam biodegradáveis ou que se degradam rapidamente por meio de processos químicos ou físicos, como a luz solar. A ideia é que, uma vez que sua função seja cumprida, o produto se desintegre em compostos que não causem danos.

11 - Análise em tempo real para a prevenção da poluição - Métodos de análise devem ser desenvolvidos para permitir o monitoramento e o controle de processos em tempo real, evitando a formação de substâncias perigosas. É um dos mais focados na aplicação de tecnologia e monitoramento para garantir a segurança e a eficiência de um processo químico. A ideia central é que o desenvolvimento de métodos de análise em tempo real permite o monitoramento e o controle de processos químicos, o que ajuda a evitar a formação de substâncias perigosas antes que elas sejam geradas.

12 - Química segura para a prevenção de acidentes - Escolher as substâncias usadas em processos químicos de forma a minimizar o potencial de acidentes, incluindo explosões, incêndios e liberação de substâncias tóxicas. A aplicação desse princípio está diretamente ligada a vários outros princípios da QV, serve como uma síntese de todos os outros. Ele defende a escolha de substâncias e a concepção de processos químicos que minimizem o potencial de acidentes, como explosões, incêndios ou a liberação de substâncias tóxicas.

Os princípios dizem respeito à busca por maior eficiência no uso dos recursos e nos processos químicos, bem como à valorização de substâncias químicas menos perigosas para as pessoas e para o meio ambiente (Anastas; Warner, 1998). Sua formulação não apenas estabeleceu a QV como um campo de pesquisa e aplicação, mas também serviu de base para que educadores e cientistas repensassem a forma como a Química é ensinada e praticada, colocando a sustentabilidade no centro desse processo.

Sob o ponto de vista de Silva *et al.* (2023), é importante compreender que os 12 princípios da QV, possivelmente, não possam ser aplicados integralmente em um único processo químico; no entanto, o propósito dessa abordagem reside no grau de atendimento a esses pressupostos: quanto maior o número de diretrizes contempladas, maior será o nível de aderência à QV. A incorporação desses fundamentos no ensino de Química, de forma coerente com seu propósito e essência, é fundamental para preparar futuros profissionais da área para os desafios da construção de uma sociedade mais consciente e sustentável.

Marques e Machado (2021) conduziram uma revisão da literatura que delineou o progresso histórico da QV em três fases distintas: (i) surgimento, (ii) divulgação e (iii) consolidação. A primeira fase ocorreu principalmente na década de 1990, no contexto estadunidense, com a ideia de projetar rotas sintéticas capazes de evitar a produção e o descarte de substâncias tóxicas, atendendo principalmente à Lei de Prevenção da Poluição de 1990. A segunda fase tem como marco o início da comunicação científica acerca da QV e o surgimento dos periódicos dedicados exclusivamente ao tema, como por exemplo o periódico *Green Chemistry*, lançado em 1999. Segundo os autores, esse período ocorreu entre os anos

de 1998 a 2008. A QV encontra-se hoje na fase de consolidação e, de acordo com Silva Júnior (2024), este período destaca a importância de integrar a sustentabilidade nas práticas químicas e a necessidade de um *design* inovador que beneficie o ambiente, a economia e a sociedade.

2.3 ENSINO DE QUÍMICA VERDE

A consolidação da QV como campo científico e orientador de práticas sustentáveis na produção química impõe a necessidade de discutir sua inserção no âmbito educacional. Mais do que um conjunto de princípios aplicáveis à indústria, a QV configura-se como uma perspectiva formativa capaz de articular ciência, educação e sustentabilidade, ampliando o papel social do ensino de Química (Anastas e Warner, 1998; Anastas e Kirchhoff, 2002; Sandri e Santin Filho, 2019).

Nessa direção, conforme destaca Pitanga (2016), para que a QV seja implementada de modo a explorar plenamente seus potenciais benefícios, tornam-se necessárias adequações que envolvam não apenas os processos produtivos e de pesquisa, alcançando também o campo do ensino. Assim, não se trata apenas de reformular práticas industriais, mas de promover uma mudança formativa que repercuta na maneira como a Química é ensinada e compreendida, incorporando de forma estruturante a dimensão socioambiental à formação científica.

No contexto educacional, a abordagem da QV possibilita refletir criticamente sobre como práticas laboratoriais, currículos e estratégias pedagógicas podem contribuir para a integração efetiva da sustentabilidade no ensino de Química. Seus princípios e fundamentos oferecem bases consistentes para a construção de uma prática educativa alinhada aos ideais da sustentabilidade. Conforme ressaltam Sandri *et al.* (2022), desde sua origem a QV demanda ampla difusão em todas as áreas da Química, com atenção especial à formação de professores.

A incorporação da QV nos currículos acadêmicos pode gerar impactos positivos tanto na educação quanto no meio ambiente, tornando o aprendizado mais contextualizado e conectado às necessidades contemporâneas. Os cursos de formação superior em química desempenham um papel central nesse processo, ao incentivarem práticas mais sustentáveis e responsáveis no campo científico. De acordo com Silva *et al.* (2023) a adoção da QV no ensino de química pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades essenciais nas novas gerações, promovendo autonomia, participação e capacidade de ação.

O estudo realizado por Almeida *et al.* (2019), sobre a inserção da QV nos cursos de licenciatura evidenciou um cenário de significativa desigualdade regional e baixa presença da

temática nos currículos. Os autores realizaram um mapeamento em âmbito nacional com foco nos cursos de Licenciatura em Química ofertados por universidades estaduais e federais. Nas regiões Norte e Centro-Oeste, não foi identificada nenhuma disciplina específica de QV, nem mesmo sua abordagem em tópicos isolados. Na região Nordeste, a temática aparece de alguma forma em 3% dos cursos, enquanto no Sul esse percentual é de 4%. A região Sudeste lidera em termos de oferta, concentrando 29% dos cursos que contemplam a QV. Ainda assim, os autores concluem que disciplinas específicas ou componentes curriculares que abordem a QV permanecem extremamente escassos nos cursos de licenciatura em Química no país.

Segundo Vaz *et al.* (2024), a consolidação da QV no ensino exige mudanças curriculares, fortalecimento da formação docente e a superação de abordagens meramente instrumentais ou superficiais da temática. Esse diagnóstico é corroborado pelos dados levantados pelos próprios autores em um mapeamento realizado com 370 instituições de ensino superior brasileiras, que evidenciou a ainda limitada inserção da QV nos cursos de Química. Apenas 10,8% das instituições oferecem disciplina exclusiva sobre o tema, enquanto 15,9% o abordam de forma integrada a outros componentes curriculares. Observa-se, ainda, que a maior parte dessas ofertas se concentra em instituições públicas federais (63%) e na região Sudeste (48,2%). Ademais, mesmo quando presente como disciplina específica, a QV é ofertada predominantemente de forma optativa (64,8%), o que reforça seu caráter ainda não estruturante nos currículos.

A inserção ainda restrita da QV nos currículos também se reflete na produção acadêmica nacional voltada ao seu ensino. Conforme apontam Marques *et al.* (2023), desde o início do século até 2022 foram identificados pouco mais de uma centena de trabalhos (105) sobre ensino de QV no Brasil, número que evidencia a ainda limitada consolidação desse campo investigativo. Em análise mais detalhada dessa produção, os autores observaram que o crescimento se torna mais expressivo a partir de 2012, sobretudo com a publicação de relatos de experiência e propostas didáticas. Tal movimento indica que, a partir desse período, a QV passa a ganhar maior espaço em aplicações pedagógicas, proposições metodológicas e investigações desenvolvidas no contexto da sala de aula.

Esse movimento de ampliação das publicações a partir de 2012, especialmente com relatos de experiência e propostas didáticas, encontra precedentes em iniciativas registradas já no início dos anos 2000. Em 2003, por exemplo, Merat e San Gil (2003) apresentaram uma proposta didática que possibilita aos estudantes vivenciar, em laboratório, o conceito de economia atômica. A atividade consistia na síntese de determinados produtos por duas rotas distintas, permitindo a comparação dos processos por meio do cálculo da porcentagem de

utilização atômica (%A), do rendimento da reação e do fator E. Ao articular fundamentos teóricos da QV a práticas experimentais, a proposta favorecia uma compreensão mais crítica acerca da eficiência e do impacto ambiental dos processos químicos, antecipando discussões que posteriormente ganharam maior espaço na literatura da área.

No que se refere especificamente à formação de professores e à relevância da QV para o ensino médio, essas discussões passaram a ganhar maior visibilidade a partir de 2007. Nesse ano, o tema foi abordado, respectivamente, nos periódicos *Química Nova na Escola* e *Química Nova* (Coelho; Marques, 2007; Marques *et al.*, 2007), ampliando o debate sobre a inserção da QV não apenas no âmbito experimental, mas também na formação docente e na educação básica. Esses trabalhos contribuíram para deslocar a QV do campo predominantemente técnico-industrial para o contexto educacional, evidenciando seu potencial formativo e sua pertinência para o ensino de Química no nível médio.

Nesse contexto, destaca-se uma iniciativa de relevância crescente no âmbito das instituições acadêmicas brasileiras, que é a filiação ao *Green Chemistry Commitment (GCC)* ou Compromisso em QV da *Beyond Benign*. Trata-se de uma organização sem fins lucrativos que visa capacitar educadores e instituições de ensino, desde o ensino fundamental até a universidade, a promover a transformação do ensino de Química, tornando-o mais sustentável e coerente com os preceitos da QV. Segundo boletim eletrônico da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) de 2025, o instituto *Beyond Benign* conta com 19 universidades brasileiras associadas ao *Green Chemistry Commitment*, um indicador de crescimento da adoção da QV na educação superior nacional (SBQ, 2025).

Diante desse panorama caracterizado por avanços pontuais, crescimento gradual da produção acadêmica e iniciativas institucionais ainda em consolidação, torna-se evidente que a simples inclusão da QV nos currículos não assegura sua efetiva integração ao ensino. Impõe-se, portanto, a necessidade de discutir de que maneira essa inserção pode ser estruturada pedagogicamente, de modo a promover uma incorporação consistente e formativa da QV nas práticas educativas.

Partindo da compreensão de que o Ensino de Química deve ultrapassar o domínio conceitual e contribuir para a formação de sujeitos críticos, éticos e socialmente responsáveis, diferentes modelos de abordagem têm sido propostos para orientar essa integração. No âmbito da QV, é possível elaborar modelos didáticos que incentivem práticas mais sustentáveis e favoreçam a sensibilização dos estudantes quanto à relevância de uma Química comprometida com a responsabilidade ambiental (Andrade; Zuin, 2021; Andrade Zeidler, 2023).

Tais modelos oferecem critérios para estruturar e analisar propostas didáticas em distintos contextos educacionais e, embora dialoguem entre si, apresentam enfoques variados: alguns priorizam uma aplicação mais técnica, fundamentada nos 12 princípios da QV, enquanto outros enfatizam dimensões críticas e reflexivas da Educação em QV (Nascimento, 2025).

Dentre estes modelos, pode-se inferir sobre o modelo proposto por Sjöström e Talanquer (2014), que, embora não tenha sido desenvolvido com foco específico na QV, oferece uma base conceitual relevante para compreender as diferentes posturas e finalidades educativas no ensino de Química. Os autores defendem que o ensino não deve restringir-se à dimensão conteudista, mas deve promover uma formação voltada à cidadania e à perspectiva humanística, em que o conhecimento químico se articula com valores éticos, sociais e ambientais.

Já os modelos de Burmeister *et al.* (2012) apresentam quatro abordagens complementares que buscam integrar ao ensino formal de Química questões relacionadas ao Desenvolvimento Sustentável. O primeiro modelo enfatiza o manuseio responsável de substâncias químicas e a redução de resíduos nas práticas laboratoriais, promovendo atitudes sustentáveis.

O segundo amplia essa integração ao incluir os princípios da QV nos currículos e relacioná-los a aplicações industriais e cotidianas, incentivando a investigação científica voltada à sustentabilidade.

O terceiro modelo avança ao incorporar questões sociocientíficas, estimulando a formação de indivíduos críticos e socialmente responsáveis, capazes de discutir e agir frente aos desafios ambientais e tecnológicos.

Por fim, o quarto modelo propõe a inserção da sustentabilidade de forma institucional, integrando o ensino de Química ao desenvolvimento escolar voltado ao Desenvolvimento Sustentável, com ênfase na formação de cidadãos ativos e conscientes desde os níveis fundamental e médio. Assim, o conjunto dessas abordagens evidencia que a implementação da QV no ensino químico deve ocorrer de maneira gradual e articulada, unindo conhecimento científico, reflexão ética e ação transformadora.

Outro modelo a ser citado é o modelo de Goés *et al.* (2013), que vincula os três primeiros modelos de Burmeister *et al.* (2012) ao modelo de relação entre os domínios do conhecimento do professor (Grossman, 1990). Os autores tinham como objetivo, ao proporem este modelo, documentar o *PCK* em QV de professores do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP). Com o intuito de acessar o *PCK* destes professores, os

pesquisadores elaboraram um questionário que buscou investigar aspectos exclusivos do ensino de QV, considerando os elementos do *PCK* baseados no modelo de Grossman (Goés *et al.*, 2013).

No modelo proposto por Goés *et al.* (2013), os conhecimentos docentes são organizados em três dimensões fundamentais: Conhecimento do Conteúdo, Conhecimento Pedagógico e *PCK*. Essa estrutura possibilita compreender como diferentes saberes se articulam na prática docente. Quando voltado especificamente ao ensino da QV, o modelo incorpora os propósitos de ensino fundamentados nas propostas de Burmeister *et al.* (2012), o que permite tratar a QV de maneira contextualizada e coerente com os princípios da sustentabilidade no ensino de Química.

Assim como o modelo de Goés *et al.* (2013) o proposto por Sandri e Santin Filho (2019) também se fundamenta no trabalho de Burmeister *et al.* (2012), embora ambos apresentem propósitos distintos. O modelo de Goés *et al.* (2013) tem um enfoque epistemológico e pedagógico, voltado para compreender como o professor ensina e mobiliza seus conhecimentos profissionais; já o modelo de Sandri e Santin Filho (2019) adota um enfoque temático e contextual, direcionado a identificar o que e em que medida a QV é incorporada ao Ensino de Química.

Sandri e Santin Filho (2019) propuseram modelos com o objetivo de identificar quais abordagens da QV se alinham de maneira mais consistente a uma perspectiva crítica, favorecendo objetivos educacionais mais amplos no âmbito da educação científica. Os autores organizam três modelos de abordagem em uma progressão que vai do viés técnico/instrumental ao crítico. Esses três modelos englobam quatro dimensões principais, que são compostas por descritores que caracterizam cada modelo.

A primeira refere-se à abordagem didática, que contempla o tipo de metodologia e as atividades utilizadas em sala de aula. A segunda dimensão diz respeito à postura do professor, cujo papel pode variar desde o de transmissor de conhecimento até o de facilitador de debates. A terceira corresponde ao momento e à frequência da abordagem, indicando em que etapa do currículo e com que regularidade a QV é abordada. Por fim, a quarta dimensão relaciona-se aos objetivos educacionais, que expressam as aprendizagens esperadas e as competências a serem desenvolvidas pelos alunos.

O modelo 1, representado no Quadro 2.1 abaixo, está totalmente associado à tendência técnico-instrumental, caracterizando-se por uma abordagem da QV centrada na aplicação de procedimentos e na incorporação pontual de seus princípios às práticas já consolidadas no ensino de Química.

Quadro 2.1 - Modelo 1 de abordagem da QV.

	Modelo 1			
Dimensões	Abordagem Didática	Postura do Professor	Momento e frequência da abordagem	Objetivos Educacionais
Descritores	a) Adota princípios da QV na elaboração e aplicação de aulas experimentais; b) Valoriza principalmente os princípios de redução de reagentes, gasto energético e gestão de resíduos, sem, contudo, avaliar sistematicamente a veracidade química do experimento; c) Preocupa-se em praticar uma Química segura; d) Preocupa-se com o gerenciamento de resíduos;	a) Conhece seus princípios e os emprega em aulas laboratoriais; b) Menciona ou exemplifica algum princípio posto em prática ou algum benefício da QV em comparação com as práticas convencionais de Química; c) Pode apresentar posturas centralizadoras, pois este modelo não exige a mudança de alinhamento pedagógico; d) Não encaminha abordagens contextualizadas que envolvam a QV; e) Não envolve os alunos em discussões referentes a QV, somente os estimula a colocar em prática alguns de seus princípios.	a) Atrela a QV prioritariamente à experimentação; b) Realiza abordagens pontuais do tema QV, como em palestras, vídeos e minicursos, desvinculados dos conteúdos de aprendizagem.	a) Praticar a QV; b) Divulgar ou informar sobre a QV.

Fonte: Sandri e Santin Filho (2019).

A abordagem da QV no modelo 1 é mais focada na aplicação de técnicas ou na demonstração de princípios de forma direta, sem aprofundar a discussão sobre os impactos sociais e ambientais. Esse modelo didático caracteriza-se pela centralidade do professor como principal transmissor do conhecimento, privilegiando uma abordagem técnica e instrumental. Nessa perspectiva, enfatizam-se a memorização e a repetição de conteúdos, estabelecendo

uma relação hierárquica em que o estudante assume um papel predominantemente passivo no processo de aprendizagem (Silva Junior, 2024).

Quanto ao modelo 2 representado no Quadro 2.2 abaixo, representa uma transição entre a abordagem técnico-instrumental do modelo 1 e a perspectiva crítica do Modelo 3. Caracteriza-se por ampliar a inserção da QV para além da aplicação pontual de princípios e procedimentos, incorporando elementos de contextualização e problematização, ainda que de forma parcial.

Quadro 2.2 - Modelo 2 de abordagem da QV.

	Modelo 2			
Dimensões	Abordagem Didática	Postura do Professor	Momento e Frequência da Abordagem	Objetivos Educacionais
Descritores	a) Adota princípios da QV na elaboração e aplicação de aulas experimentais e teóricas; b) Busca avaliar sistematicamente a verdura química dos experimentos por meio de métricas holísticas, a fim de realizar melhores escolhas e proporcionar melhorias que atendam aos princípios da QV; c) Envolve os alunos na discussão e na escolha de produtos, processos ou procedimentos com maior verdura química; d) Insere a análise quantitativa da verdura dos processos através do cálculo de métricas de massa como a Eficiência Atômica (EA), por exemplo, tanto nas aulas experimentais quanto teóricas; e) Instrui e incentiva os alunos a praticarem uma Química segura e	a) É dialógico e disposto a envolver os alunos nos processos de análise e decisões referentes a QV; b) Estimula a pesquisa e a comunicação dos saberes dos alunos; c) Busca tornar os alunos conscientes da prática da QV e tornar esses princípios presentes tanto nas aulas experimentais quanto teóricas. d) Promove contextualização crítica que permite aos alunos perceber as relações da Química com as questões sociais, ambientais e econômicas.	a) A QV é abordada nas aulas teóricas e experimentais; b) A abordagem da QV faz parte dos conteúdos de aprendizagem (conceituais e/ou procedimentais).	a) Estimular a prática consciente, intencional e crítica da QV; b) Promover a Educação Ambiental e a Educação para a Sustentabilidade Socioambiental.

	o gerenciamento de resíduos; f) Contextualiza o conteúdo através da abordagem de tecnologias e produtos considerados verdes; g) Relaciona a QV ao Desenvolvimento Sustentável e/ou somente aos benefícios econômicos e ecológicos; h) Promove a conscientização dos alunos em relação às boas práticas químicas e suas implicações sociais e ambientais; i) Realiza abordagens esporádicas da QV e não necessariamente conexas aos conteúdos de aprendizagem, em disciplinas específicas ou na realização de projetos de curta e média duração.			
--	---	--	--	--

Fonte: Sandri e Santin Filho (2019).

O ensino da QV começa a incluir reflexões e discussões que transcendem a simples aplicação técnica, incentivando uma compreensão mais ampla dos conceitos. O principal diferencial do modelo de interface em relação ao modelo técnico/instrumental é a maior abertura ao diálogo e à participação dos estudantes nas decisões sobre processos mais limpos. Contudo, embora valorize os conhecimentos conceituais e procedimentais, ainda apresenta alcance restrito no que se refere aos aspectos atitudinais (Silva Junior, 2024).

O modelo 3 apresentado no Quadro 2.3 abaixo, se insere completamente em uma proposta crítica da QV, compreendendo-a como eixo estruturante do ensino e não apenas como complemento aos conteúdos tradicionais.

Quadro 2.3 - Modelo 3 de abordagem da QV

(Continua)

	Modelo 3			
Dimensões	Abordagem Didática	Postura do Professor	Momento e Frequência da Abordagem	Objetivos Educacionais
Descritores	a); b); c); d) - Idem ao Modelo 2; e) Fundamenta a prática da Química intrinsecamente segura, da prevenção e do gerenciamento de resíduos sobre o Princípio de Precaução e o Paradigma Ecológico; f) Considera e aborda o contexto histórico do qual emergiu a QV, interrelacionando a outros movimentos de enfrentamento dos problemas socioambientais em face do desenvolvimento científico tecnológico; g) Aborda a QV de forma transversal aos conteúdos de aprendizagem e as disciplinas do currículo, numa perspectiva contextualizada considerando as relações CTSA e os aspectos éticos econômicos, políticos e culturais; h) Atrela a QV à Sustentabilidade Socioambiental com vistas a promover a Educação Ambiental e em última instância a Alfabetização Científica, que fundamenta a cidadania participativa na sociedade científico-tecnológica atual;	a) Possui um conhecimento específico e pedagógico que permite abertura à participação ampla dos alunos; b) Conhece e se dispõe a promover a contextualização por meio de situações que envolvem a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e Ambiente e problematiza as relações da Química com cada uma dessas vertentes; c) Assume uma abordagem interdisciplinar e está familiarizado com a dimensão crítica da QV e da Educação Ambiental; d) Deve ter um pensamento sistêmico sobre os problemas socioambientais relacionados a Ciência e Tecnologia;	a) A QV é abordada nas aulas teóricas e experimentais de forma transversal; b) A abordagem da QV é vinculada os conteúdos de aprendizagem (conceitual, procedimental e atitudinal).	a) Estimular a prática consciente, intencional e crítica da QV; b) Promover a Educação Ambiental e a Educação para a Sustentabilidade Socioambiental.

Quadro 2.3 - Modelo 3 de abordagem da QV

(Conclusão)

	Modelo 3			
Dimensões	Abordagem Didática	Postura do Professor	Momento e Frequência da Abordagem	Objetivos Educacionais
Descritores	i) Reconhece e aponta as limitações da QV e da Sustentabilidade apoiado na Lei Limite da Termodinâmica; j) Trabalha a QV sob a perspectiva de novos paradigmas e da ética nas atividades químicas	e) Estimula a tomada de consciência e de decisão frente a problemas socioambientais ou socio científicos que envolvem conhecimentos químicos, e com isso favorece a participação social.		

Fonte: Sandri e Santin Filho (2019).

A abordagem é mais abrangente e aprofundada, buscando uma análise crítica das questões ambientais, sociais e econômicas relacionadas à Química. O modelo crítico distingue-se dos modelos técnico/instrumental e de interface por seu alinhamento com uma perspectiva de alfabetização científica crítica, compreendida em sua dimensão multidimensional (Silva Junior, 2024).

Os autores não estabelecem uma hierarquia absoluta entre os modelos, como se houvesse um “melhor” em termos universais, mas indicam a importância de avançar progressivamente em direção a características próprias do modelo crítico (modelo 3), especialmente quando se busca uma formação científica mais reflexiva e socialmente comprometida. Tal movimento, contudo, não desqualifica os outros modelos, que mantêm sua relevância ao assegurar a base técnica indispensável ao ensino de conteúdos químicos, além de possibilitarem, ainda que de diferentes formas, a inserção da temática da QV.

Segundo Sandri e Santin Filho (2019), mesmo nas perspectivas de racionalidades mais críticas, a dimensão técnica continua sendo relevante por fornecer os fundamentos conceituais e procedimentais necessários à compreensão dos processos químicos. No entanto, na vertente crítica da QV, a ênfase desloca-se para a prevenção como princípio orientador, entendida como força motriz para a redução da geração de resíduos e para a reorganização dos processos produtivos. Nessa abordagem, considera-se a complexidade das relações entre

sociedade e natureza, ampliando a noção de sustentabilidade para além da dimensão econômica e incorporando aspectos sociais, éticos e ambientais.

Os modelos propostos por Sandri e Santin Filho (2019) foram adotados nesta pesquisa como referencial teórico-analítico para examinar o *PCK* em QV dos participantes e serão operacionalizados no capítulo metodológico como categorias de análise dos dados. Nesse contexto, a capacitação docente assume papel central para assegurar que a abordagem da QV seja efetivamente conduzida de forma crítica e coerente com os princípios da sustentabilidade na ciência química. A partir dessas discussões teóricas, torna-se pertinente explicitar o delineamento metodológico que sustenta esta investigação, o qual será apresentado no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos que orientaram o desenvolvimento da pesquisa. Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa e de caráter descritivo, fundamentado no referencial metodológico de Gil (2008), e estruturado em etapas interligadas que possibilitaram a coleta, a organização e a análise dos dados.

Inicialmente, buscou-se compreender o contexto do curso de extensão em QV, ambiente no qual os dados foram produzidos. Em seguida, analisaram-se as atividades realizadas por seis participantes ao longo do curso, com foco especial nas propostas didáticas - PDs elaboradas por eles e nas respostas ao questionário fundamentado no CoRe (*Content Representation*).

O CoRe, sigla para Representação do Conteúdo, consiste em um instrumento composto por questões orientadoras que favorecem a reflexão dos professores sobre as ideias centrais do conteúdo, as possíveis dificuldades de aprendizagem dos estudantes, as estratégias de ensino e as formas de avaliação relacionadas ao tema abordado (Loughran; Mulhall; Berry, 2004). Assim, os dados produzidos a partir dessas atividades constituíram o corpus analisado nesta investigação.

Essas atividades foram examinadas com base nos componentes do Modelo de PCK de Magnusson *et al.* (1999) e nos modelos de Abordagem da QV propostos por Sandri e Santin Filho (2019). Além dessas análises, foi elaborada uma rubrica avaliativa para classificar o PCK em QV dos docentes, possibilitando identificar o nível de articulação entre os modelos de Abordagem da QV e as práticas pedagógicas expressas nas propostas didáticas. As classificações contemplaram três níveis: inicial, em desenvolvimento e desenvolvido.

3.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no curso de extensão “Introdução à Química Verde: Princípios, Métricas e Ensino”, ofertado pelo Projeto Integrado “*Versus*, QV e Sustentabilidade” da UEPG. O curso, de caráter introdutório, teve como objetivo apresentar os fundamentos da QV a profissionais e estudantes da área química, com ênfase em professores. A carga horária total foi de 32 horas, divididas em cinco módulos (4 a 8 horas cada), ofertados integralmente na modalidade à distância. O curso foi estruturado de modo a

articular fundamentos teóricos e aplicações pedagógicas da QV, favorecendo a reflexão docente sobre sua inserção no Ensino de Química. A estrutura do Curso encontra-se no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Estrutura do Curso de Extensão em QV.

Unidade	Módulo/ Objetivo	Carga Horária	Atividades Avaliativas	Número de Concluintes
1	I - Histórico e emergência da QV - Compreender os eventos que levaram ao surgimento da QV.	4h	Leitura de textos de apoio e participação no fórum de debate: 1) A partir das aulas e dos materiais de apoio do Módulo I, emita uma análise pessoal, de até duas páginas, sobre a relevância do surgimento da Química Verde. 2) Fórum - Você já havia estudado sobre Química Verde em outras oportunidades? Se sim, quais? - Na sua opinião, qual a importância desse tema ser abordado nos cursos de formação profissional em Química?	16
2	II - Os princípios da QV e sua difusão ao longo de 30 anos - Estudar os 12 princípios da QV e sua aplicação na prática	8h	3) A partir das aulas e dos materiais de apoio do Módulo II, escolha ao menos dois princípios e discorra como eles podem ser aplicados em sua realidade de atuação.	16
3	III - Métricas da QV - Aprender a usar métricas (massa, energéticas, holísticas) para avaliar a sustentabilidade de processos químicos	8h	4) Análise de verdura química de um procedimento ou processo.	9
4	IV - Ensino de QV - Explorar a didática e os modelos de ensino para levar a QV para a sala de aula	8h	5) Planejamento de uma aula ou intervenção didática (com mais de uma aula). Planejamento de uma aula ou intervenção didática. 6) Responder ao questionário no Google Forms.	9
5	V - QV e Sustentabilidade - Distinguir os conceitos de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável e relacioná-los com a QV.	4h	7) Fórum sobre a diferença entre Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável e a percepção da QV.	9

Fonte: A Autora (2026). Informações retiradas do Curso de Extensão "Introdução à Química Verde: princípios, métricas e ensino".

Dos cinco módulos, os dois primeiros foram obrigatórios, enquanto os demais foram opcionais. Embora 222 pessoas tenham se inscrito, apenas 16 concluíram os módulos obrigatórios, e 9 finalizaram os módulos posteriores. O curso buscou promover reflexões críticas sobre o papel da Química diante dos desafios ambientais e sua articulação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esse contexto evidenciou o caráter formativo do curso, voltado à integração entre conhecimentos químicos, sustentabilidade e práticas pedagógicas

Além de constituir o ambiente formativo, o curso também foi a principal fonte de dados da pesquisa. Foram analisadas as propostas didáticas (PDs), as respostas ao questionário embasado no CoRe e outras atividades realizadas pelos participantes. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UEPG (CAAE nº 81857024.0.0000.0105). O Parecer Consubstanciado encontra-se apresentado no Anexo A. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa e concordaram com sua participação mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.1.1 Participantes da Pesquisa

A amostra foi composta por seis participantes que concluíram integralmente o curso de extensão e aceitaram participar desta pesquisa, sendo identificados pelos códigos P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Os participantes atuavam em diferentes níveis de ensino e possuíam ou estavam cursando pós-graduação, conforme apresentado no Quadro 3.2. A utilização de códigos teve como objetivo preservar o anonimato dos participantes, em conformidade com os princípios éticos da pesquisa.

Quadro 3.2 - Nível de formação acadêmica dos participantes.

Nível de Formação	Número de Docentes	Participante/Ano de Conclusão da Graduação
Graduação	1	P2 (2019)
Mestrando	1	P6 (2022)
Mestre	2	P1 (2021); P5 (2019)
Doutorando	1	P3 (2019)
Doutor	1	P4 (2001)

Fonte: A Autora (2026). Baseada nas informações fornecidas pelos participantes no cadastro do Curso de Extensão.

As áreas de especialização incluíam Ensino de Ciências, Educação Digital, Educação do Campo e Gestão Ambiental, sendo predominante a formação vinculada à área da educação. Observou-se, ainda, que a maior parte dos participantes possuía graduação em Química (Bacharelado), seguida de complementação pedagógica ou licenciatura. Esse perfil evidencia a diversidade formativa dos participantes, aspecto relevante para a análise do desenvolvimento do *PCK* em QV.

A participação ocorreu mediante aceite voluntário, após a conclusão de todos os módulos do curso e a assinatura do TCLE. Como os participantes residiam em diferentes regiões do país, optou-se por utilizar exclusivamente as atividades realizadas no curso, sem a realização de entrevistas, uma vez que, além das limitações logísticas, a maioria dos participantes não demonstrou interesse ou disponibilidade para participar dessa etapa adicional. Dessa forma, priorizou-se a análise de dados produzidos em contexto formativo autêntico, diretamente relacionados às atividades desenvolvidas durante o curso.

3.1.2 Dados da Pesquisa

Os principais dados analisados foram: as PDs elaboradas na Unidade 4 (Módulo IV – Ensino de QV), as respostas ao questionário baseado no CoRe e as atividades selecionadas dos módulos anteriores, incluindo fórum e análise textual, selecionadas em função de apresentarem evidências mais significativas das percepções e considerações dos participantes acerca da Química Verde.

Para a produção das PDs foi disponibilizado um modelo opcional (Anexo B), estruturado em: Objetivos de Aprendizagem (OA), Introdução (I), Desenvolvimento (D), Reconciliação Integradora (RI), Metodologia (M), Recursos Didáticos (RD) e Avaliação da Aula (AAu). Os participantes poderiam aderir ou não ao modelo, mantendo liberdade para utilizar o formato de planejamento habitual.

As PDs deveriam abordar a QV em uma aula de 50 minutos ou em uma intervenção mais longa, podendo contemplar conteúdos teóricos ou experimentais para diferentes níveis e modalidades de ensino. Os participantes em exercício puderam, caso desejassem, integrar conteúdos já desenvolvidos em sua prática docente, enquanto os demais tiveram liberdade de escolha.

Conjuntamente, foi solicitado aos participantes que respondessem a um questionário elaborado com base nas questões do CoRe. O instrumento, composto por cinco questões, teve

como objetivo evidenciar o raciocínio pedagógico dos docentes na elaboração de suas PDs, bem como acessar os componentes do PCK. Todas as questões foram fundamentadas nos conteúdos abordados ao longo do curso.

As questões abordaram: objetivos curriculares e relevância da QV (Q1 - Por que você considera importante seus alunos aprenderem conteúdos curriculares da química vinculados a Química Verde?); conhecimento sobre os estudantes (Q2 - Fale sobre os seus alunos com os quais pretende trabalhar essa aula (série; ensino público/privado; nível de ensino, educação urbana, do campo, indígena e quilombola; contexto social, econômico e cultural).); conhecimento de conteúdo (Q3 - O que mais você sabe sobre Química Verde, além do que foi abordado na sua sala de aula, mesmo que não pretenda que seus alunos saibam neste momento?); dificuldades e estratégias de ensino (Q4 - Quais dificuldades você encontrou ao elaborar sua estratégia pedagógica para abordar o conteúdo de Química Verde?); identificação da abordagem de QV utilizada (Q5 - Na sua opinião quais modelos de abordagem da Química Verde (1,2 ou 3) de acordo com Burmeister, Rauch e Eilks, Goés *et al.*, e Sandri e Santin Filho, sua proposta de ensino está situada? Explique.).

Quanto às outras atividades analisadas foram consideradas produções da Unidade 1, como o fórum e a análise sobre a relevância da QV. Esses materiais forneceram elementos complementares sobre concepções, conhecimentos prévios e evolução do entendimento dos docentes ao longo do Curso.

3.2 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi orientada pelo Modelo de *PCK* de Magnusson *et al.* (1999) e pelos Modelos de Abordagem da QV de Sandri e Santin Filho (2019). Inicialmente, as PDs e o questionário foram analisados individualmente. Posteriormente, os resultados foram integrados para identificar padrões e evidências de manifestação do *PCK* em QV entre os participantes, complementados pela aplicação de uma rubrica avaliativa.

O modelo de Magnusson *et al.* (1999) organiza o *PCK* em cinco componentes: Orientações para o Ensino de Ciências, Conhecimento do Currículo, Conhecimento da Compreensão dos Alunos, Conhecimento das Estratégias Instrucionais e Conhecimento da Avaliação.

O modelo de Sandri e Santin Filho (2019), por sua vez, classifica a abordagem da QV em três níveis (instrumental, intermediário e crítico), considerando dimensões como Abordagem Didática (AD), Postura do Professor (PP), Momento e Frequência da Abordagem

(MFA) e Objetivos Educacionais (OE). Para abranger a complexidade da prática docente observada nas PDs, acrescentou-se uma nova dimensão: Avaliação da Aprendizagem (AA). O Quadro 3.3 apresenta essa ampliação.

Quadro 3.3 - Modelo de Abordagem da QV - Avaliação da Aprendizagem.

MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
Quanto a avaliação da aprendizagem		
a) Avaliar relatório produzido pós-experimento, avaliando o conceito e os princípios da QV envolvidos na prática. b) Aplicar provas escritas conceituais relativas ao conceito e aos princípios da QV. c) Utilizar listas de exercícios e ou questionários que abordam os princípios da QV aplicados em aulas experimentais. d) Realizar atividades de análises comparativas entre um procedimento químico tradicional e uma rota alternativa, que aplique algum dos princípios da QV.	a) Apresentar situação-problema para verificar se os alunos conseguem propor soluções sustentáveis para cenários reais da vida cotidiana. b) Desenvolver atividades investigativas, para avaliar se os alunos conseguem propor possibilidades de prover maior “verdura” em processo e/ou procedimentos dentro da química. c) Solicitar textos reflexivos sobre questões ambientais contemporâneas e sua relação com a QV. d) Utilizar ferramentas como diários de aprendizagem para avaliar o progresso do entendimento e engajamento com os princípios da QV;	a) Conduzir debates e argumentação científica, que permitam avaliar individualmente e coletivamente, as percepções e ideias dos alunos sobre a interconexão da QV com movimentos históricos, ética e novas perspectivas científicas. b) Solicitar a produção de Mapas conceituais que auxiliem identificar a compreensão dos alunos sobre a organização das relações entre CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), sustentabilidade e alfabetização científica. c) Realizar Projetos interdisciplinares que integrem a QV com outras disciplinas do currículo, para analisar se os alunos conseguem trabalhar os conteúdos de forma transversal e contextualizada. d) Uso de portfólios reflexivos que permitam avaliar de forma progressiva os registros da compreensão dos alunos sobre a QV, e sua conexão aos paradigmas ecológicos e à sustentabilidade socioambiental. e) Avaliar a participação do aluno usando critérios como: argumentação, interação com os colegas, escuta ativa, iniciativa e proatividade.

Fonte: Autoria própria, tendo como referência os modelos de abordagem da QV de Sandri e Santin Filho (2019).

A inclusão da dimensão AA mostra-se necessária, uma vez que esse processo constitui um elemento fundamental no contexto educacional. Avaliar envolve procedimentos sistemáticos que permitem ao professor analisar e compreender o desenvolvimento dos

estudantes, subsidiando um julgamento de valor consistente sobre sua aprendizagem (Libâneo, 2013; Lukesi, 2011). Destaca-se que o processo de construção e sistematização dessa dimensão resultou na elaboração de um artigo específico, apresentado no Apêndice B, no qual são detalhados seus fundamentos teóricos e metodológicos.

Conforme aponta Depresbiteris (2017), os instrumentos avaliativos devem ser concebidos de modo a ir além da constatação de acertos e erros, possibilitando ao docente acessar informações relevantes acerca dos processos cognitivos e das estratégias adotadas pelos educandos na construção do conhecimento. Assim, a inserção dessa dimensão é essencial para ampliar a compreensão sobre como os estudantes aprendem, contribuindo para uma abordagem mais formativa e reflexiva do ensino.

3.2.1 Análise Descritiva

A análise descritiva (Gil, 2008), foi adotada para caracterizar o fenômeno estudado sem manipulação das variáveis. Buscou-se descrever como o *PCK* em QV se manifestou nas PDs e nos demais dados, identificando indícios dos componentes do *PCK* e a inserção da QV no Ensino de Química.

Por sua natureza qualitativa, a pesquisa também buscou compreender significados, interpretações e racionalidades atribuídas pelos docentes às suas escolhas pedagógicas (Ludke e André, 1986). A análise documental das PDs, fóruns e textos favoreceu a compreensão aprofundada das concepções e práticas dos participantes, permitindo identificar padrões de manifestação do *PCK* em QV.

3.2.2 Rubrica de Avaliação

As rubricas destacam-se como instrumentos eficazes para a avaliação de competências (Cano, 2015; Fernandes, 2021). Nesse contexto, a rubrica elaborada nesta pesquisa teve como objetivo classificar o *PCK* em QV expresso nas PDs, a partir da identificação de evidências dos Modelos de Abordagem da QV.

O Quadro 3.4 apresenta os parâmetros utilizados para a classificação dos *PCK* em QV de acordo com as evidências encontradas nas PDs, sobre os modelos de QV. As evidências referem-se ao número de descritores (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j/ descritos nos quadros 2.1, 2.2 e 2.3, e no Quadro 3.3) identificados nas PDs. Esses descritores correspondem às características dos Modelos 1 (M1), 2 (M2) e 3 (M3), identificadas em cada uma das seguintes dimensões:

Abordagem Didática (AD), Postura do Professor (PP), Momento e Frequência da Abordagem (MFA), Objetivos Educacionais e Avaliação da Aprendizagem (AA).

Quadro 3.4 - Parâmetros para a avaliação do *PCK* em QV dos participantes da pesquisa.

DESENVOLVIDO	EM DESENVOLVIMENTO	INICIAL
Evidências do Modelo 3 M3 - AD (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) PP (a, b, c, d, e) MFA (a, b) OE (a, b) AA (a, b, c, d)	Evidência do Modelo 2: M2 - AD (a, b, c, d, e, f, g, h, i,) PP (a, b, c, d) MFA (a, b) OE (a, b) AA (a, b, c, d)	Evidências do Modelo 1 M1 - AD (a, b, c, d) PP (a, b, c, d, e) MFA (a, b) OE (a, b) AA (a, b, c, d, e)

Fonte: Dados da Pesquisa (2026).

As evidências foram agrupadas em três níveis de classificação: desenvolvido, em desenvolvimento e inicial, conforme a presença e a quantidade de descritores associados a cada modelo. Critérios de classificação:

- Desenvolvido: ao menos três descritores do Modelo 3;
- Em desenvolvimento: pelo menos quatro descritores do Modelo 2;
- Inicial: presença exclusiva de descritores do Modelo 1.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades do curso de extensão selecionadas para a pesquisa constituíram ferramentas essenciais de análise. Inicialmente, permitiram avaliar o conhecimento prévio dos participantes acerca da QV, estabelecendo um ponto de partida para o estudo. Ao longo do curso, essas mesmas atividades possibilitaram acompanhar o desenvolvimento e o progresso dos participantes, tanto individualmente quanto em grupo, permitindo analisar a evolução de suas compreensões e habilidades relacionadas à temática da QV. Dessa forma, as atividades analisadas permitiram identificar indícios do desenvolvimento do *PCK* em QV, evidenciando mudanças nas concepções docentes ao longo do processo formativo.

A análise do perfil dos participantes revelou que a maioria demonstra compromisso significativo com a formação continuada, elemento central para o desenvolvimento profissional docente. Essa busca constante por aperfeiçoamento contribui para ampliar tanto o conhecimento do conteúdo quanto o *PCK*, como defendido por Shulman (1987). A maioria dos participantes são profissionais com pouco tempo de formação acadêmica, com licenciaturas concluídas entre 2019 e 2022, o que indica uma geração que reconhece a importância da atualização permanente para qualificar sua atuação na educação básica e superior.

Essa disposição para aprender também se manifesta na elaboração das PDs produzidas ao longo do Módulo IV. Elas refletem não apenas o domínio conceitual adquirido sobre a QV, mas também o modo como os docentes articulam esse conteúdo ao planejamento de práticas pedagógicas. Assim, as PDs constituem evidências fundamentais para compreender como o *PCK* se expressa nas escolhas metodológicas, nos objetivos educacionais, nas estratégias de ensino e nos processos avaliativos.

As PDs elaboradas pelos participantes contemplaram diferentes níveis de ensino, conteúdos e metodologias, evidenciando a diversidade de abordagens utilizadas na incorporação da QV. Para organizar e sintetizar essas informações, apresenta-se o Quadro 4.1, no qual constam os principais elementos de cada proposta, incluindo o nível de ensino, o tema trabalhado, os recursos utilizados e o tipo de aula desenvolvida.

Quadro 4.1 - Características das Propostas Didáticas.

Proposta Didática	Nível de Ensino	Conteúdo/Tema	Recursos Utilizados	Tipo de Aula/Metodologia
P1	Ensino Médio	Reação de Saponificação	Ambiente Temático Virtual da QV; Computador; Projetor multimídia; Ficha de avaliação	Teórica/Explicação dialogada
P2	Ensino Médio	Combustíveis – Biodiesel	Lousa; Projetor multimídia; Artigos	Teórica/Expositiva
P3	Ensino Médio	Cinética Química (velocidade média, energia de ativação e complexo ativado)	Quadro negro; Giz	Teórica-Experimental/Explicação dialogada
P4	Ensino Superior	Síntese do Salicilato de Metila	Lousa; Pincel atômico; Material impresso	Experimental/Explicação dialogada
P5	Ensino Superior	Poluentes não biológicos: Descarte sustentável de medicamentos com princípios da QV	Projetor multimídia; quadro branco; pincel	Teórica/Expositiva dialogada
P6	Ensino Superior	Uso de microrganismos na recuperação de solos contaminados	Quadro negro; giz; projetor multimídia	Teórica /Expositiva

Fonte: Autoria própria.

Como se pode observar, as propostas apresentaram distribuição equilibrada quanto ao nível de ensino, sendo três voltadas ao Ensino Médio e três ao Ensino Superior. Situação semelhante foi observada em relação às metodologias adotadas, nas quais metade dos participantes optou pela abordagem expositiva, enquanto a outra metade adotou a abordagem dialogada. Esse equilíbrio sugere a preocupação dos participantes em adaptar a abordagem da QV a diferentes contextos formativos, indicando flexibilidade pedagógica associada ao desenvolvimento do *PCK*.

A escolha metodológica mostra-se relevante, pois define como ocorre a construção do conhecimento. A metodologia expositiva, utilizada por três docentes, aproxima-se do que Freire (1996) denominou “educação bancária”, na qual o professor deposita conhecimentos nos alunos, concebidos como receptáculos passivos. Já as propostas que recorreram à abordagem dialogada alinham-se à perspectiva freiriana de uma educação problematizadora,

sustentada pelo diálogo e pela construção coletiva do saber. Sob a perspectiva do *PCK*, a adoção de abordagens dialogadas pode favorecer maior articulação entre o conhecimento do conteúdo e a compreensão das concepções dos estudantes, elemento central para o ensino significativo da QV.

Os conteúdos trabalhados também se mostraram diversificados. Contudo, em quase todas as propostas foram identificados traços da vertente técnica/instrumental descrita por Sandri e Santin Filho (2019). Isso significa que a QV foi mobilizada em contextos experimentais sem que houvesse, na maioria dos casos, um maior aprofundamento nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A análise das PDs, articulada ao questionário e às demais atividades do curso, permitiu compreender de forma consistente como o *PCK* se expressa na prática docente, evidenciando as escolhas pedagógicas dos participantes e a maneira como mobilizam conhecimentos sobre conteúdo, estudantes, estratégias de ensino e avaliação. Esse conjunto de evidências também revelou diferentes níveis de compreensão e aplicação dos princípios da QV no planejamento das aulas, oferecendo um panorama abrangente das decisões didáticas envolvidas. Com base nesses resultados, torna-se possível avançar para a análise individual do *PCK* dos docentes, aprofundando a investigação sobre as particularidades que caracterizam a prática de cada participante.

4.1 ANÁLISE DO *PCK* DO P1

O P1 é mestre em Química e possui formação em bacharelado, tendo concluído a habilitação em licenciatura em Química em 2021. Atualmente, atua como professor no Ensino Médio e no Ensino Técnico, conciliando sua prática docente com atividades de pesquisa e extensão. Sua trajetória evidencia uma formação sólida na área e um engajamento contínuo com processos educativos e investigativos, o que contribui para o desenvolvimento de um perfil profissional articulado tanto ao ensino quanto à produção de conhecimento.

No primeiro fórum (F), atividade 2 (A2) da unidade (U1) do curso, foram feitos dois questionamentos: “Você já havia estudado sobre QV em outras oportunidades? Se sim, quais?”, e “Na sua opinião, qual a importância desse tema ser abordado nos cursos de formação profissional em Química?”. As respostas foram:

(F, A2, U1, grifo próprio) *Anteriormente não havia estudado de forma mais aprofundada sobre o tema, porém no momento atual, o aprofundamento acerca da temática está acontecendo de forma mais efetiva, em especial, pelo desejo de engajar a temática no ensino de química [...]. É premente que o tema seja inserido*

no seio educacional e cursos formativos, pois para o efetivo esverdeamento da química cabe a nós, químicos/as, sermos protagonistas em tomadas de decisões que estejam alinhadas ao que propõe a Química Verde.

Com base nas respostas apresentadas, é possível inferir que o docente reconhece lacunas em sua formação inicial sobre QV, mas demonstra um movimento ativo de aprofundamento conceitual, motivado pelo interesse em integrar a temática ao ensino de Química. Seu posicionamento evidencia a consciência da relevância da QV nos cursos de formação profissional e no contexto educacional, associando-a a uma postura ética e ao protagonismo necessário dos químicos na tomada de decisões alinhadas à sustentabilidade.

Quanto à atividade (A1) da unidade (U1), que propôs uma análise pessoal sobre a relevância do surgimento da QV, o participante a compreende como uma resposta histórica aos impactos socioambientais decorrentes do desenvolvimento industrial e do uso inadequado da Química.

(A1, U1, grifo próprio) Hoje, para esverdear a química cabe a nós, químicos/as, sermos protagonistas na tomada de decisões que se alinhem ao que propõe a Química Verde, pois como filosofia de trabalho ela orienta sobre metodologias, técnicas e princípios que modificarão o paradigma de problemas e marcas que a química convencional deixou.

Ao reconhecer, simultaneamente, suas contribuições para o bem-estar social e os danos associados às práticas convencionais, destaca a QV como um novo paradigma orientado à prevenção da poluição, à minimização de resíduos e à responsabilidade ética dos profissionais, entendida como uma medida capaz de ajudar na promoção da sustentabilidade, inclusão social e desenvolvimento econômico.

4.1.1 Análise da Proposta Didática do P1 Conciliado as Respostas ao Questionário

A PD apresentada pelo P1 tem como conteúdo central as reações de saponificação e tem por objetivo analisar aspectos da QV associados a esse processo, sendo direcionada à disciplina de Química no 3º ano do Ensino Médio. Na proposta, identificam-se evidências de componentes do *PCK*, conforme o modelo proposto por Magnusson *et al.* (1999).

Nesse sentido, destacam-se os componentes **Orientações para o Ensino de Ciências e Conhecimento do Currículo em Ciências**, uma vez que o participante estrutura seu planejamento com base nas Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as quais se refletem nos Objetivos de Aprendizagem (OA), conforme exemplificado no trecho a seguir:

(OA, p.2, grifo próprio) *COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO*

1. *Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.*

3. *Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).*

Esse alinhamento reforça a intencionalidade pedagógica do professor ao articular o conteúdo químico às demandas formativas previstas no currículo oficial. Essa articulação entre planejamento curricular e intencionalidade pedagógica também se confirma quando analisamos a resposta dada à questão 1 (Q1), que questiona a importância de ensinar conteúdos curriculares de Química vinculados à QV.

(Q1, p.1, grifo próprio) *É essencial tratar da Química Verde, em especial, que isso seja tido de forma sempre bem direta para que haja uma maior propagação de ações positivas da química em questões sociocientíficas.*

Sua justificativa reforça o comprometimento em integrar a QV ao ensino como estratégia para promover uma formação mais crítica e socialmente responsável, percepção que também pode ser observada ao longo de sua PD.

Além disso, a análise dos OA evidencia a preocupação do docente em articular os conteúdos químicos a temáticas relacionadas à sustentabilidade, reforçando a intencionalidade de integrar princípios socioambientais ao processo de ensino. Essa intencionalidade fica evidente no descritor “a” da dimensão Objetivos Educacionais (OE) do Modelo 2 (M2), proposto por Sandri e Santin Filho (2019) e apresentado na Figura 1.2, o qual se refere à inserção da QV no Ensino de Química.

(PD, OA, p.1, grifo próprio) *Avaliar aspectos da química verde no processo de saponificação. [...] Reconhecer as práticas mais verdes como passos promissores em direção a um desenvolvimento sustentável.*

Além da intencionalidade de inserir a QV no ensino de Química, observou-se que essa inserção também se manifesta na Introdução (I) da aula, tanto na abordagem teórica quanto na experimental. Da mesma forma, ela aparece nos conteúdos de aprendizagem, enquadrando-se nos descritores “a” e “b” da dimensão Momento e Frequência da Abordagem (MFA) do M2, conforme o Modelo de Sandri e Santin Filho (2019).

(PD, I, p.2, grifo próprio) *[...] será lembrado o conteúdo da última aula, com atenção para os exemplos de reações de saponificação e de aulas anteriores, quanto à temática da química verde. [...] Para as práticas de produção de sabão, é possível*

pensar em uma ação mais verde? Sendo possível, quais os princípios, podem ser contemplados? (Esperar respostas).

Quanto ao componente **Conhecimento da Compreensão dos Alunos sobre Ciências**, embora a proposta não explicita de forma direta as concepções do professor acerca de como os estudantes pensam, aprendem ou quais dificuldades costumam apresentar ao lidar com conceitos científicos, é possível identificar indícios desse entendimento. Na Introdução (I) da aula, observa-se uma preocupação do docente em dialogar com os alunos, mobilizando seus conhecimentos prévios e criando espaço para que expressem suas ideias.

(PD, I, p.2, grifo próprio) [...] posteriormente, serão feitas as seguintes perguntas, com vistas a motivar os/as estudantes a participarem e conduzi-los/as ao tema da aula. [...] OBS: Outras perguntas podem surgir a partir da participação dos alunos.

A opção pela explanação dialogada evidencia a intenção de envolver os estudantes como sujeitos ativos da aprendizagem, ao criar espaço para a expressão de ideias e conhecimentos prévios. Essa postura também se confirma na caracterização da turma feita pelo P1, em resposta à questão 2 (Q2), ao destacar a diversidade cultural, econômica e social da escola, situada no interior e composta por alunos de diferentes municípios. Tal reconhecimento sugere sensibilidade às especificidades do público e aproxima-se do componente Conhecimento da Compreensão dos Alunos, ao considerar a heterogeneidade como elemento relevante para o planejamento do ensino.

(Q2, p.1, grifo próprio) A ideia é aplicar na educação básica, 3º ano do ensino médio de uma escola vinculada da rede federal de ensino. Por estar situada em uma cidade do interior do estado, ela atende diversos municípios circunvizinhos e, por isso, tem uma ampla diversidade quanto aos aspectos culturais, econômicos e sociais.

Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciência, foi o componente mais evidente na PD. O docente mobiliza diferentes estratégias de ensino, incorporando tecnologia superando a lógica da exposição tradicional. As evidências na proposta aparecem durante todo o Desenvolvimento (D) e na Reconciliação Integradora (RI), seja no uso de simulação virtual.

(PD, D, p.2, grifo próprio) Após a contextualização inicial, será apresentado aos estudantes o Ambiente Temático Virtual da Química Verde, bem como seus objetivos e possibilidades [...]. Em seguida, será apresentada a opção COMO FAZER SABÃO? para avaliação da estrela verde do processo (Figura 3).

(PD, RI, p.2, grifo próprio) [...] Após isso, serão divididas quatro equipes (com 3 a 4 membros), duas delas, ficarão com a condição experimental 1 e as demais, com a condição experimental 2 (Figura 4). [...] Na etapa final, as equipes apresentarão os dados, especialmente, ao que versa o item “Para debater” da simulação de cada condição experimental.

Esses excertos evidenciam a dimensão abordagem didática (AD) nos descritores “c” do M1 e “b”, “c” e “f” do M2 propostos por Sandri e Santin Filho (2019). O professor demonstra compromisso com práticas alinhadas aos princípios da QV, buscando promover uma Química segura e incentivar escolhas mais sustentáveis, o que se articula diretamente ao descritor “c” do M1. Para isso, realiza avaliações sistemáticas da verdura química dos experimentos por meio de métricas holísticas, orientando decisões responsáveis e aprimorando produtos e processos utilizados em sala de aula que caracterizam o descritor “b” do M2.

A utilização de um Ambiente Temático Virtual para avaliar a “estrela verde” revela uma estratégia contemporânea, capaz de aproximar o conteúdo da realidade tecnológica dos estudantes. Assim como a organização dos alunos em equipes, a experimentação sob diferentes condições e a reconciliação integradora, com a socialização e discussão dos resultados, configuram práticas colaborativas e investigativas. Destaca-se ainda que esse recurso e o ensino do uso de métricas foi ensinado no Módulo 4 do curso, o que demonstra a apropriação do conhecimento por esse professor.

Sua postura, marcada pelo diálogo, envolve os estudantes na análise e na tomada de decisões, incentivando a seleção de alternativas com maior verdura química, conforme o descritor “c” do M2. Além disso, estimula a pesquisa, a comunicação dos saberes e o pensamento crítico, fortalecendo o protagonismo estudantil, ao mesmo tempo em que contextualiza os conteúdos por meio da discussão de tecnologias e produtos considerados verdes, atendendo ao descritor “f” do M2 e ampliando a compreensão dos alunos sobre a relevância científica, social e ambiental da QV.

Outra dimensão evidenciada na proposta didática foi a postura do professor (PP), correspondendo aos descritores “a” e “b” do M2, que envolvem uma atuação dialógica e aberta à participação dos estudantes nos processos de análise e tomada de decisões relacionadas à QV, além do estímulo à pesquisa e à comunicação de seus saberes. Essa postura revela a intencionalidade do docente em reconhecer, identificar e trabalhar a partir das concepções prévias dos alunos, favorecendo uma construção do conhecimento mais significativa, participativa e alinhada às demandas da abordagem de QV.

A PP evidenciada pelo P1 também se manifesta na resposta à questão 4 do questionário, que indagava sobre as dificuldades encontradas na elaboração da estratégia pedagógica para abordar o conteúdo de QV. Ao afirmar que “pensar na ideia é sempre o passo mais difícil” e que, após sua definição, “as possibilidades vão se abrindo”, o docente revela um posicionamento reflexivo diante do planejamento didático. Tal colocação indica

envolvimento ativo no processo de construção da proposta e abertura para explorar diferentes caminhos pedagógicos.

Quanto ao componente do **PCK Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências**, este se manifesta de forma clara na parte da Avaliação da Aula (AAu) da proposta, que contempla processos avaliativos diversificados e alinhados às expectativas formativas da área. Observa-se a adoção de uma avaliação processual, considerando a participação dos estudantes e as discussões desenvolvidas em grupo. Além disso, a utilização articulada de diferentes instrumentos de avaliação, como a observação direta e a análise das conclusões coletivas, evidencia o domínio de estratégias que valorizam o engajamento, o raciocínio crítico e a capacidade argumentativa dos alunos, reforçando uma abordagem avaliativa formativa e coerente com os objetivos da proposta.

(AAu, p.5, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos e discussão sobre as conclusões de cada equipe. Os instrumentos serão a observação direta, os dados apresentados na ficha de avaliação e os argumentos levantados.*

Desse modo, a estrutura avaliativa delineada não apenas demonstra coerência com os princípios formativos do ensino de Ciências, mas também se articula diretamente com a dimensão avaliação da aprendizagem (AA), proposta nesta pesquisa. Nesse sentido, a proposta para a AAu se insere na dimensão AA, do M3, descritor “e”, que enfatiza a avaliação da participação dos estudantes a partir de critérios como argumentação, interação com os colegas, escuta ativa, iniciativa e proatividade.

Observa-se a presença mais significativa de descritores relacionados ao Modelo 2, contemplando suas diferentes dimensões, o que indica alinhamento consistente a essa perspectiva. Tal compreensão é reforçada na resposta à Questão 5 (Q5), na qual o P1 afirma que sua proposta se aproxima do Modelo 2 por se fundamentar em uma experiência que vai além da realização de um experimento. Segundo o docente, a atividade exige que os estudantes reflitam, analisem dados e tomem decisões coletivamente, contribuindo para uma formação que ultrapassa o enfoque meramente conteudista e assume também um caráter formativo.

A proposta vai além da simples apresentação de princípios (modelo 1) ao privilegiar a análise, a comparação e a avaliação sistemática do processo de saponificação, especialmente por meio da abordagem holística da “estrela verde”. A postura do professor e os objetivos educacionais reforçam essa classificação, ao passo que se identifica potencial de evolução para o modelo 3, caso sejam aprofundadas discussões de natureza histórica, ética e sociocientífica da QV.

De modo geral, a análise do *PCK* da P1 revela um docente em processo de consolidação da temática da QV, que demonstra capacidade de alinhá-la às demandas contemporâneas do ensino de Química, especialmente no que se refere à sua integração ao currículo. O docente demonstra iniciativa para aprofundar-se no tema e incorpora princípios de sustentabilidade às práticas pedagógicas, evidenciando compreensão ampliada do papel social da Química. Sua PD articula-se de forma consistente às orientações curriculares, mobilizando competências da BNCC e traduzindo-as em objetivos de aprendizagem pertinentes, ao mesmo tempo em que revela sensibilidade ao conhecimento das concepções dos alunos por meio do diálogo e da retomada de saberes prévios.

4.2 ANÁLISE DO *PCK* DO P2

O P2 é licenciado em Química. Sua trajetória acadêmica revela um percurso formativo marcado pela integração entre atividades de ensino e pesquisa, evidenciada pela participação simultânea em programas de formação docente e projetos científicos.

A partir das respostas apresentadas no primeiro fórum do curso, observa-se que o P2 já possuía contato prévio com a temática da QV ao longo de sua formação acadêmica, especialmente no contexto do Ensino de Química.

(F, A2, U1, grifo próprio) Tive contato com a química verde em algumas oportunidades dentro da graduação, inclusive em atividades de planejamento experimental para o ensino de química. [...] É um desafio pensar e desenvolver técnicas experimentais fora do convencional, de modo que o experimento realizado (seja ele em nível industrial, de pesquisa ou de ensino) esteja o mais "verde quimicamente" possível. [...] para a formação de professores, bacharéis e técnicos em química, a abordagem da QV se mostra essencial nos dias atuais, pois muito se discute sobre políticas públicas para o meio ambiente, e deve-se mostrar o que a ciência pensa sobre isso e quais os papéis dos cientistas por trás do planejamento e replanejamento de metodologias industriais e também de ensino, em prol de uma natureza mais sustentável.

Suas respostas evidenciam a compreensão dos desafios relacionados à implementação da QV, revelando uma postura reflexiva sobre o planejamento experimental nos contextos do ensino, da pesquisa e da indústria. Ademais, o participante atribui relevância à abordagem da QV na formação profissional em Química, reconhecendo-a como elemento orientador das práticas científicas e do papel social da ciência na promoção da sustentabilidade.

Esta percepção sobre a relevância da abordagem da QV, também foi destacada na A1 da U1, sobre a importância do surgimento da QV.

(A1, U1, grifo próprio) *Ao tratarmos da química, muitas vezes esta é encarada com olhares de reprovação por aqueles que a referencia com algo prejudicial: “Ah, isso tem química! Faz mal!”. [...]É amplamente discutido atualmente sobre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) descritos pela ONU. Esse viés de abordagem da química tem uma ligação direta com alguns destes objetivos, principalmente em relação à promoção e desenvolvimento de produtos químicos e técnicas mais verdes, garantindo um meio ambiente mais sustentável e com gestão ambiental de qualidade. [...] Apesar dos avanços, é importante reconhecer que o desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro ainda enfrenta desafios [...].*

O participante reconhece que a Química é frequentemente associada a impactos ambientais negativos, resultantes de práticas históricas que contribuíram para o desenvolvimento científico, mas também para danos à natureza. Nesse contexto, compreende o surgimento da QV como uma resposta às demandas do desenvolvimento sustentável, alinhada aos ODS e impulsionada por fatores como exigências legais, benefícios econômicos e a busca por processos industriais mais responsáveis. Apesar dos avanços, destaca desafios relacionados à infraestrutura, à formação profissional e à integração entre diferentes setores, atribuindo aos profissionais da Química a responsabilidade de promover e consolidar práticas orientadas pelos princípios da QV.

4.2.1 Análise da Proposta Didática do P2 Conciliado às Respostas ao Questionário

A PD elaborada pelo P2 tem como temática os combustíveis, com ênfase no biodiesel, e foi planejada para o terceiro ano do Ensino Médio. A aula tem como objetivo promover a compreensão acerca das alternativas de produção de combustíveis mais sustentáveis, relacionando sua importância aos princípios da QV.

No que se refere aos componentes do PCK, infere-se que estes estão presentes na PD e puderam ser identificados de forma consistente. Os componentes **Orientações para o Ensino de Ciências e Conhecimento do Currículo em Ciências** manifestam-se nos OA e na metodologia (M) adotada.

(PD, OA, p.1, grifo próprio) *Compreender as alternativas de produção de combustíveis mais verdes e relacionar sua importância dentro dos princípios da QV.*

(PD, M, p2. grifo próprio) *[...] promover a conscientização e principalmente a informação dos alunos acerca do tema, demonstrando onde a química que é estudada no ensino médio pode estar contribuindo para o desenvolvimento sustentável, por meio de uma estratégia mais verde de obtenção de combustíveis. Com isso, torna-se possível fazer a relação entre ensino e meio-ambiente, enfatizando a importância e aplicação da química na sociedade.*

Ao justificar, na resposta à Q1, a importância de seus alunos aprenderem conteúdos curriculares de Química vinculados à QV, o docente destaca a preocupação com a poluição

ambiental, o consumo de energia, a geração de dejetos, a toxicidade dos processos e o uso de fontes não renováveis e de matérias-primas. Tal posicionamento evidencia a compreensão da QV como princípio orientador do Ensino de Química, o que se aproxima do descritor “a” da dimensão OE do M2, referente à inserção da QV como elemento estruturante da prática pedagógica.

Essa compreensão evidencia uma preocupação com práticas químicas mais seguras e ambientalmente responsáveis. Tal posicionamento aproxima-se do descritor “c” do modelo 1 (M1), que se refere ao compromisso em praticar uma química segura, indicando que o professor reconhece a QV como estratégia para minimizar impactos e promover maior responsabilidade socioambiental no exercício da atividade química.

No que se refere ao componente **Conhecimento da Compreensão dos Alunos**, embora a PD não explicitar as concepções prévias dos estudantes, prevê a utilização de recursos que favorecem a ativação de conhecimentos anteriormente construídos.

(D, p.1, grifo próprio) *Neste momento, deve-se lembrar o processo de obtenção do diesel, e destacar o biodiesel como um possível substituto do diesel de origem fóssil. Pode-se aqui mostrar imagens.*

O componente **Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências** manifesta-se de forma evidente na PD do P2.

(I, p.1, grifo próprio) *Iniciar a aula trazendo o olhar da QV sobre os problemas ambientais, enfatizando a importância da utilização de energias ou fontes renováveis no cotidiano.*

(RI, p. 2, grifo próprio) *Com o auxílio de reportagens e pesquisas acerca do uso de combustíveis fósseis e combustíveis renováveis, motivar os alunos a refletirem sobre as mudanças necessárias para a preservação do meio-ambiente, elencando principais diferenças nos usos destes tipos de combustíveis.*

No entanto, as evidências identificadas contemplam dois descritores do M2, os “g” e “h”. Esses descritores referem-se à relação estabelecida entre a QV e o Desenvolvimento Sustentável, destacando seus benefícios econômicos e ecológicos, bem como à promoção da conscientização dos alunos acerca das boas práticas químicas e de suas implicações sociais e ambientais.

Assim, a proposta vai além de uma abordagem conceitual, ao incorporar uma dimensão formativa voltada à responsabilidade socioambiental. Tal perspectiva articula-se à dimensão PP, nos descritores “a” e “d” do M2, ao evidenciar um docente dialógico, que promove a contextualização crítica e envolve os alunos na análise e tomada de decisões relacionadas à QV.

No que se refere ao componente do **PCK Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências**, a proposta adota uma abordagem avaliativa de caráter formativo, contínuo e participativo, priorizando a compreensão conceitual em detrimento da mera memorização. As evidências dessa perspectiva manifestam-se no acompanhamento da aprendizagem por meio da participação dos alunos, bem como na definição de critérios centrados na compreensão e na capacidade de relacionar a QV ao meio ambiente, em vez de restringir-se à identificação de funções orgânicas.

(Au, p.2, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos e principalmente a sua compreensão dos assuntos abordados e relação entre as preocupações da QV com o meio ambiente, bem como o reconhecimento de funções orgânicas e processo de reação para a obtenção do biodiesel.*

No que se refere à avaliação, o método adotado pelo docente apresenta evidências do descritor “e” da dimensão AA, referente ao M3, ao considerar a participação dos alunos como critério avaliativo.

Com relação aos modelos de abordagem da QV foi possível identificar que a maioria dos descritores encontrados na PD do P2 se enquadram dentro do M2. O docente busca contextualização crítica, conectando química a questões sociais e ambientais relevantes. A intenção de promover conscientização e análise ampla indica que a proposta vai além do Modelo 1. Embora, na resposta à Q5, o P2 não explicitamente em qual modelo sua proposta se enquadra, ele ressalta a importância de alcançar uma dimensão mais abrangente, compreendida como um percurso gradativo e continuamente construído.

A análise do PCK do P2 evidencia um docente que já possui familiaridade prévia com a temática da QV e demonstra compreensão de sua relevância para o Ensino de Química e para a formação cidadã dos estudantes. Essa compreensão se reflete na PD, que articula conteúdos curriculares a questões ambientais contemporâneas, especialmente no contexto da produção de combustíveis mais sustentáveis.

Observa-se intencionalidade pedagógica ao relacionar os conceitos químicos aos princípios da QV, bem como a adoção de uma avaliação formativa e processual, centrada na compreensão e na participação discente. Embora as estratégias instrucionais apresentem um caráter predominantemente expositivo, a inserção de discussões, imagens, reportagens e pesquisas favorece a reflexão crítica dos alunos.

4.3 ANÁLISE DO PCK DO P3

O P3 é bacharel em Química, mestre em Processos Químicos e Biotecnológicos e encontra-se em formação doutoral, trajetória que evidencia uma sólida formação acadêmica e forte vínculo com a área de pesquisa.

Com base nas respostas apresentadas no F, A2 da U1, observa-se que o P3, cuja formação se concentra na área dura da Química, já possuía contato prévio com a temática da QV, mediado pela atuação de um professor. A partir desse primeiro contato, o participante relata o despertar de maior interesse pela QV, destacando que a participação em palestras e seminários relacionados à temática tem reforçado seu envolvimento e encantamento com o assunto. O participante também enfatiza a relevância da QV no contexto educacional, defendendo sua inserção desde a formação básica como estratégia para a conscientização socioambiental e para a construção de uma visão mais crítica sobre o papel da Química na sociedade.

(F1, A2, U1, grifo próprio) Já conhecia a Química Verde, por intermédio [...]. E cada vez que vejo uma palestra ou seminário sobre isso, sempre fico encantada com a temática. [...] A importância da QV nos dias atuais é de extrema relevância, pois possui grande importância social, logo deveria ter mais ênfase nos cursos de graduação, e já ser ministrada no próprio ensino médio. Pois os alunos chegam na graduação sem saber o que é a QV e como ela é importante para o bem estar de todos.

Já em sua análise pessoal sobre a relevância do surgimento da QV, A1 da U1, o P3 compreende a QV como uma mudança de paradigma necessária para tornar a indústria química mais segura, responsável e sustentável. Destaca sua importância na redução dos impactos ambientais, na proteção da saúde humana e na adoção de processos mais limpos e eficientes, além de reconhecer seu papel no desenvolvimento econômico sustentável.

(A1, U1, grifo próprio) O surgimento da Química Verde é de extrema relevância para o presente e o futuro da humanidade. [...] A Química Verde oferece uma visão de como a ciência e a inovação podem ser aliadas na construção de um mundo mais equilibrado, no qual o desenvolvimento econômico não ocorra em detrimento do meio ambiente, mas sim em harmonia com a preservação da natureza e da qualidade de vida de todos os seres vivos. O caminho para um futuro mais próspero e sustentável passa necessariamente pela adoção dos princípios da Química Verde em todas as esferas da sociedade.

A seguir, será desenvolvida a análise comparativa entre a proposta didática do P3 e as respostas obtidas no questionário aplicado.

4.3.1 Análise da Proposta Didática do P3 Conciliado as Respostas ao Questionário

A PD apresentada pelo P3 tem como temática a Cinética Química, abordando conceitos como velocidade média das reações, energia de ativação e complexo ativado, sendo direcionada a uma turma do segundo ano do Ensino Médio.

Ao analisar o componente do **PCK Orientação para o Ensino de Ciências e Conhecimento sobre o Currículo de Ciências** pode-se identificar que a PD apresenta uma orientação que articula teoria e prática, valorizando a compreensão conceitual por meio de exemplos e experimentos. Embora se mantenha um viés mais técnico, a aula procura relacionar os conteúdos à realidade cotidiana.

(D, p.2, grifo próprio) [...] *A combustão de uma vela e a formação de ferrugem são exemplos de reações lentas.*

No entanto, apesar da articulação entre teoria e prática e da tentativa de contextualização dos conteúdos, não se observa, na PD, a explicitação de relações com a temática da QV. Também não fica evidente a justificativa para o ensino da “Cinética Química” sob a perspectiva da sustentabilidade, nem a manifestação do entendimento do professor acerca do currículo no que se refere à inserção de discussões socioambientais.

A abordagem permanece predominantemente técnica, com pouca problematização dos impactos ambientais ou das contribuições do conteúdo para a formação crítica dos estudantes. Essa perspectiva converge com a resposta à Q1, na qual o P3 enfatiza sobretudo a importância de vincular a QV aos conteúdos químicos, sem ampliar de modo significativo a discussão para dimensões sociais, ambientais ou formativas mais críticas.

(Q1, p.1, grifo próprio) *A integração de conteúdos curriculares da Química Verde em disciplinas e cursos de Química é de extrema importância por várias razões, como a sustentabilidade e responsabilidade ambiental, preparação para o mercado de trabalho, inovação e criatividade, ética profissional; conexão interdisciplinar, redução de impactos à saúde. Pois os alunos saem com uma visão completamente diferente, envolta da própria química. No qual a integração da Química Verde no currículo educacional não apenas proporciona benefícios ambientais, mas também prepara os alunos para enfrentar os desafios e oportunidades de um mundo em que a sustentabilidade é cada vez mais importante. Isso molda uma nova geração de profissionais conscientes, éticos e capazes de contribuir significativamente para a melhoria do nosso planeta.*

No que se refere ao componente **Conhecimento da Compreensão dos Alunos sobre Ciências**, embora o professor não explicita concepções prévias específicas, observa-se a intenção de promover a interação com os estudantes por meio de questionamentos, os quais podem favorecer a construção do conhecimento a partir do que os alunos já sabem. Contudo,

não foram identificadas referências à QV ou a discussões relacionadas à sustentabilidade, o que limita a ampliação dessa compreensão para uma perspectiva socioambiental.

(I, p.1, grifo próprio) Posteriormente ao experimento, serão feitas algumas perguntas, com vistas a motivar os alunos a participarem e conduzi-los ao conteúdo da aula.

O componente **Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências**, não aparece na PD. A proposta apresenta estratégia de ensino com traços tradicionais do ensino químico, onde o docente traz um experimento demonstrativo para trabalhar o conteúdo de cinética química. Apesar de ser descrita na proposta que será uma aula teórica experimental e de explanação dialogada, no desenvolvimento da aula ela apresenta característica de uma aula expositiva.

(M, p.9, grifo próprio) A metodologia utilizada nesta aula será a da explanação dialogada, favorecendo a participação dos alunos e a vinculação dos conteúdos com situações de sua realidade cotidiana. Serão empregados experimentos demonstrativos, exemplos e esquemas representativos capazes de favorecer a compreensão dos fenômenos abordados.

(I, p.1, grifo próprio) [...] será realizado um experimento demonstrativo sobre velocidade das reações, garantindo que o aluno prossiga no decorrer da aula com total entendimento do conteúdo.

A temática da QV aparece de forma pontual na PD, especificamente no momento da RI, quando é solicitada aos alunos uma pesquisa sobre a relação entre a cinética química e a QV. Nessa atividade, infere-se que a investigação será realizada de forma autônoma pelos estudantes, sem indicação de mediação ou condução direta por parte do docente.

(RI, p.9, grifo próprio) Solicitar aos alunos uma breve pesquisa sobre fatores que interferem na velocidade das reações (superfície de contato, catalisador, concentração dos reagentes) e relacionar a aplicação dos princípios da química verde, onde a cinética química e a química verde estão relacionadas, pois, a química verde procura otimizar os processos químicos não apenas em termos de eficiência, mas também considerando os impactos ambientais e a segurança dos envolvidos. Nesse sentido, a química verde pode englobar conceitos da cinética química ao projetar reações que sejam mais eficientes em termos de consumo de reagentes e energia, além de minimizar a formação de subprodutos indesejados.

Embora de forma pontual, observa-se a intenção de incorporar princípios da QV na elaboração e aplicação de aulas experimentais. Essa iniciativa aproxima-se dos descritores “a” da dimensão AD e “a” da dimensão MFA do M1, que indicam a inserção da QV em aulas experimentais.

No que concerne à avaliação, relacionada ao componente **Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências**, está se caracteriza por uma abordagem processual, voltada ao acompanhamento contínuo do desenvolvimento individual e coletivo dos estudantes. O

processo avaliativo manifesta-se por meio da participação, dos questionamentos e do desempenho nos exercícios propostos, priorizando a aplicação prática do conhecimento e a compreensão conceitual, em detrimento da simples reprodução de fórmulas.

Na proposta analisada, identifica-se o descritor “e”, dimensão AA do M3, evidenciando uma incoerência entre os elementos da prática pedagógica. A aula estrutura-se com características próximas ao M1, enquanto a avaliação apresenta características do M3. Além disso, a QV não é apresentada previamente pelo participante, sendo explorada a partir de uma busca dos alunos, sem a devida introdução conceitual. A QV é abordada de forma isolada, como complemento de um tema tradicional, a Cinética Química, sem integração efetiva aos modelos de ensino de QV.

Essa percepção acerca das dificuldades na inserção da QV também se evidencia na resposta à Q4, que indagava sobre os desafios encontrados na elaboração da estratégia pedagógica para abordar o tema. Ao afirmar que “em alguns conteúdos é difícil saber em que momento pode abordar a QV”, o participante revela incerteza quanto à integração da temática ao currículo, indicando que sua incorporação ainda não ocorre de forma plenamente articulada ou sistemática no planejamento didático.

A análise do *PCK* do P3 evidencia um professor com sólida formação acadêmica e reconhecimento da relevância da QV, especialmente no que se refere às suas contribuições socioambientais e ao desenvolvimento sustentável. Entretanto, essa compreensão manifesta-se de forma mais consistente em seu discurso do que na PD. A prática pedagógica analisada mantém-se predominantemente ancorada em um modelo tradicional de ensino de Química, com ênfase técnica e pouca problematização socioambiental, o que resulta em uma inserção pontual e pouco articulada da QV. Tal aspecto pode estar associado ao fato de o participante não possuir formação em licenciatura em Química e não estar atuando no ensino, condição que pode influenciar a mobilização de conhecimentos pedagógicos relacionados ao ensino desse conteúdo.

4.4 ANÁLISE DO *PCK* DO P4

O P4 possui formação inicial em Química, com habilitação em Licenciatura e Bacharelado, e trajetória acadêmica consolidada, incluindo formação em nível de mestrado e doutorado na área de Ciências Químicas, além de experiências de pós-doutoramento. Complementa sua formação com especialização na área educacional, com ênfase em

Educação Digital e em temáticas relacionadas à Agroecologia e Educação do Campo, encontrando-se em formação continuada.

Em sua participação no F, A2 da U1, o P4 afirma não ter tido contato prévio com os conceitos de QV ao longo de sua formação inicial e continuada, passando a se apropriar dessa temática apenas recentemente. Ao refletir sobre essa lacuna formativa, reconhece limitações em sua trajetória acadêmica e destaca a urgência da incorporação da QV como um novo paradigma nos cursos de formação em Química.

(F, A2, U1, grifo próprio) [...] nunca obtive formação nos conceitos de química verde. Somente agora passo a adquirir tal conhecimento na minha área. E dos artigos e capítulos de livro que já li, tomo cada vez mais consciência da falha de minha formação acadêmica nesse quesito.

Em sua análise pessoal sobre a relevância do surgimento da QV, o P4 a compreende como um novo paradigma indispensável às práticas acadêmicas e industriais, orientado pelos princípios da sustentabilidade. O participante destaca a necessidade de sua inserção na formação inicial e continuada de professores, enfatizando o papel da educação na construção de uma atuação profissional crítica e socialmente responsável.

(F, A2, U1, grifo próprio) Os conceitos, ideias e filosofia que nos trás a química verde reporta-nos a imperiosa necessidade de aplicar um novo paradigma na conduta dos profissionais da academia e da indústria química. [...] Para isso é imprescindível incluir a química verde na formação continuada de professores tanto do ensino médio quanto no universitário, multiplicadores de uma nova formação dos futuros profissionais que atuarão nos diferentes setores da sociedade. [...] A QV propõe em suas práticas laboratoriais rever o perfil e a quantidade no uso de reagentes químicos, estimula substituir, sempre que possível, reagentes tóxicos por outros menos agressivos estimulando a economia de gastos com solventes e reagentes na busca de rotas sintéticas mais eficientes e produtos menos poluentes como medidas importantes para reduzir o impacto ambiental reduzindo o volume de resíduos descartados, gerando maior segurança laboratorial nas práticas experimentais. Tais atribuições mencionadas fazem parte de alguns dos 12 princípios da QV.

Além disso, ressalta o caráter preventivo da QV na redução dos impactos ambientais, por meio do desenvolvimento de processos e produtos menos tóxicos e mais eficientes, concluindo que sua incorporação ao ensino de Química é fundamental para a promoção de uma sociedade mais sustentável.

4.4.1 Análise da Proposta Didática do P4 Conciliado às Respostas ao Questionário

A PD do P4 teve como tema a síntese do salicilato de metila, desenvolvida no âmbito da disciplina de Química Orgânica Experimental II, junto a uma turma de graduação em Licenciatura em Química. A atividade teve como objetivo comparar os métodos de síntese

orgânica do salicilato de metila sob as perspectivas da QV e do modelo tradicional, analisando suas contribuições para o ensino e a aprendizagem dos licenciandos em Química.

Na PD foi possível identificar evidências dos componentes do PCK. No que se refere à **Orientação para o Ensino de Ciências** e ao **Conhecimento do Currículo de Ciências**, o P4 apresenta uma orientação de caráter crítico, que ultrapassa a simples reprodução de procedimentos experimentais ao favorecer a reflexão sobre sustentabilidade e segurança química. Nesse contexto, os OA, ao proporem a comparação entre métodos tradicionais e aqueles alinhados à QV, evidenciam o caráter analítico e reflexivo da proposta, enquanto os objetivos específicos privilegiam a prevenção da geração de resíduos e o emprego de substâncias mais seguras.

(PD, OA, p.1, grifo próprio) *Comparação dos métodos de síntese orgânica do salicilato de metila entre a Química Verde (QV) e o “Tradicional” (T) no ensino e na aprendizagem de licenciandos em química. [...] Propor maior consciência sobre a prevenção de resíduos. [...] Estimular a aplicação de atividades químicas inerentemente mais seguras para a prevenção de acidentes. [...] Estimular nos alunos maior consciência e aplicabilidade, como futuros professores, dos princípios da química verde nas atividades experimentais.*

O que também permite enquadrar a proposta no descritor “a” e “c” da dimensão AD do M1, ao evidenciar a inserção da QV aos conteúdos químicos e a preocupação com a prática de uma química segura. Além disso, observa-se alinhamento com os descritores “b” e “c” dessa mesma dimensão no âmbito do M2, uma vez que há indícios de uma busca por avaliar sistematicamente a veracidade química dos experimentos, considerando métricas mais holísticas para subsidiar escolhas mais adequadas e promover melhorias em consonância com os princípios da QV, envolvendo os alunos nas discussões acerca de produtos e processos mais verdes.

Soma-se a isso a resposta à Q1, na qual o P4 enfatiza a importância de articular os conteúdos curriculares de Química à QV, entendendo essa integração como um compromisso educacional com o desenvolvimento sustentável. Para o professor, essa abordagem contribui para a formação de sujeitos mais informados, engajados e responsáveis, capazes de aplicar o conhecimento científico de maneira ética e sustentável.

(Q1, p.1, grifo próprio) *A incorporação de conteúdos curriculares da Química vinculados à Química Verde é de fundamental importância, pois representa um compromisso educacional com o desenvolvimento sustentável. [...] Portanto, a integração da Química Verde no currículo potencializa professores e estudantes a se tornarem cidadãos mais informados, engajados e responsáveis, capazes de aplicar o conhecimento científico de maneira ética e sustentável em suas vidas.*

Em consonância com a orientação crítica evidenciada, o componente **Conhecimento da Compreensão dos Alunos sobre Ciências** revela uma preocupação com o diagnóstico e o

acompanhamento da aprendizagem dos estudantes. Tal preocupação manifesta-se na aplicação de um questionário inicial, destinado à identificação dos conhecimentos prévios, e de um questionário final, que permite comparar os resultados e avaliar a evolução do conhecimento construído ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

(PD, I, p.1, grifo próprio) [...] *será entregue aos alunos/as um questionário com o objetivo de coletar informações prévias sobre o nível de entendimento e conhecimento de conceitos de Química Verde (QV), seus princípios e relação com sustentabilidade e desenvolvimento sustentável nas práticas experimentais de química.*

(PD, D, P2, grifo próprio) [...] *no final da segunda aula experimental um novo questionário será oferecido aos alunos.*

Em continuidade à preocupação com a aprendizagem e com o acompanhamento do desenvolvimento dos estudantes, o componente **Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências** perpassa toda a PD, evidenciando-se por meio de uma estratégia experimental de caráter comparativo, que contribui para a concretização dos princípios da QV.

(PD, D, p.1, grifo próprio) *Após a coleta do questionário será entregue o procedimento experimental “tradicional” da síntese proposta e discutida com os alunos de graduação, que em suas bancadas e em duplas, darão início a atividade experimental anotando os resultados parciais obtidos para compor o relatório final da atividade.*

(PD, M, p.2, grifo próprio) *A metodologia utilizada na aula será a atividade experimental com resultados comparativos. Questionário para obtenção de dados qualitativos e quantitativos. Confeção de relatório final.*

(PD, RI, p.2, grifo próprio) *De posse dos resultados obtidos na segunda aula os discentes serão convidados a participar de um debate compartilhando suas percepções crítico-reflexivas sobre as atividades experimentais trabalhadas nas aulas, averiguando seus conceitos sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável sob o enfoque da QV e demais princípios da QV presentes e ausentes nas atividades.*

A PD apresenta estratégias instrucionais que perpassam toda a sua estrutura, articulando as dimensões da PP e MFA. Observam-se evidências do descritor “b” da PP no M1, na medida em que o participante menciona e exemplifica princípios da QV aplicados na prática, destacando seus benefícios em comparação com abordagens convencionais da Química. Paralelamente, identificam-se os descritores “a” e “b” da PP no M2, uma vez que o professor adota uma postura dialógica, envolvendo os alunos nos processos de análise e tomada de decisão relacionados à QV, além de incentivar a pesquisa e a socialização dos saberes construídos. No que se refere à dimensão MFA, também se evidenciam os descritores

“a” e “b” do M2, pois a QV é integrada tanto às aulas teóricas quanto às experimentais, compondo os conteúdos de aprendizagem em seus aspectos conceituais e procedimentais.

Em sua resposta à Q4, o P4 apresenta uma crítica recorrente entre professores da rede pública em geral, neste caso, destacando dificuldades estruturais para a integração da QV ao ensino, que podem influenciar na estratégia de ensino. Segundo ele, os principais entraves referem-se à precariedade da infraestrutura escolar, especialmente à ausência de laboratórios adequados para a realização de atividades práticas, e à carência de materiais didáticos específicos, sobretudo no contexto do Ensino Médio, uma vez que a maior parte das publicações disponíveis encontra-se em língua inglesa.

No que se refere ao processo avaliativo, relacionado ao componente **Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências**, observa-se uma abordagem que valoriza a participação dos alunos e as discussões realizadas após os experimentos.

(PD, AAu, p.3, grifo próprio) *A avaliação da atividade ocorrerá por meio da participação dos discentes na aula, discussão dos resultados obtidos após os experimentos e a entrega de relatório final na aula subsequente.*

Essa perspectiva se evidencia no acompanhamento contínuo das contribuições dos estudantes ao longo das atividades, bem como na utilização do relatório final como instrumento de sistematização da aprendizagem. Essa proposta avaliativa apresenta características pertinentes ao descritor “a”, dimensão AA do M1 e do descritor “e”, dimensão AA do M3.

Com relação aos modelos de abordagem da QV, a proposta apresenta descritores predominantes do M2, embora também incorpore elementos do M1. Observa-se um foco na análise quantitativa e crítica, evidenciado pelo uso de métricas e relatórios, o que contribui para a conscientização e a contextualização no processo de formação de professores. Nesse sentido, a proposta revela uma evolução em relação a abordagens exclusivamente experimentais, apresentando potencial para avançar em direção ao M3.

Entretanto, ao responder à Q5, o P4 classifica sua PD como compatível com o Modelo 1, ainda que reconheça a possibilidade de evolução para o Modelo 3. Essa interpretação contrasta com os elementos identificados na análise, que evidenciam características predominantes do Modelo 2. Tal divergência entre a autopercepção do participante e os aspectos observados na proposta pode indicar que determinadas dimensões de seu *PCK* relacionadas à QV ainda não se encontram plenamente sistematizadas ou explicitadas em sua consciência profissional, revelando um processo de desenvolvimento que ainda está em consolidação.

(Q4, p.2, grifo próprio) [...] parece estar mais alinhada com o Modelo 1. Nessa abordagem, o foco principal é o desenvolvimento da compreensão conceitual dos princípios da Química Verde. Ela se concentra em transmitir os conceitos teóricos, os princípios e as práticas da Química Verde, permitindo que os alunos compreendam profundamente as transformações químicas, as alternativas mais sustentáveis e os impactos ambientais associados.

Desse modo, o PCK do P4 evidencia um professor com orientação pedagógica crítica e intencional, que articula de forma consistente os princípios da QV ao ensino experimental de Química Orgânica. Embora o P4 reconheça lacunas em sua formação inicial no que se refere à QV, observa-se uma apropriação reflexiva e fundamentada dessa temática, que se materializa na PD por meio da comparação sistemática entre abordagens tradicionais e alinhadas à QV.

4.5 ANÁLISE DO PCK DO P5

O P5 possui formação inicial na área de Química, com habilitação para a docência, e trajetória acadêmica marcada pela interdisciplinaridade. Conta com graduação tecnológica e licenciatura em Química, além de formação em nível de mestrado na área de Ciências Ambientais. Complementa sua formação com especialização em Gestão Ambiental e com graduação na área de Letras (Libras), evidenciando um percurso voltado tanto às ciências exatas quanto à inclusão educacional.

No que se refere à QV, o PD5 relata ter tido contato com a temática de forma introdutória durante sua graduação, limitada à apresentação de conceitos gerais e possibilidades de aplicação, sem aprofundamento teórico. Ainda assim, reconhece sua relevância para a formação profissional em Química, destacando que o conhecimento químico, quando orientado pelos princípios da QV, possibilita uma atuação mais consciente e responsável, voltada à adoção de práticas sustentáveis, à redução da poluição ambiental e do consumo energético, bem como ao uso racional dos recursos naturais, minimizando impactos ambientais negativos.

(F, A2, U1, grifo próprio) Em minha formação, na época da graduação, ouvi de forma bem resumida sobre a química verde, não tão aprofundado, apenas um resumo do seu conceito e formas de aplicação. [...], a temática é muito útil para a sociedade, principalmente os cursos de química, pois através dos conhecimentos químicos adquiridos em sala de aula, podemos utilizá-lo de forma consciente, evitando prejudicar o meio ambiente, buscando práticas sustentáveis, reduzir a poluição ambiental, redução de energia, utilizando os recursos naturais de forma consciente, eliminando impactos agressivos.

Em sua análise pessoal sobre a importância do surgimento da QV, o P5 compreende o surgimento da QV como uma resposta aos impactos ambientais e à poluição decorrentes da intensificação das atividades da indústria química, cujos produtos permeiam o cotidiano da sociedade. Destaca que essa abordagem busca prevenir a geração de resíduos e reduzir danos ambientais desde a concepção dos processos, promovendo benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Além disso, é possível verificar que o participante compreende a QV como uma estratégia importante para minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas e industriais. Além disso, o discurso evidencia uma percepção da QV associada à transformação da imagem social da Química, contrapondo a visão de que a indústria química é exclusivamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde.

(A1, U1, grifo próprio) A crescente preocupação com os danos desse avanço da indústria, contribuiu para o surgimento/desenvolvimento de várias tecnologias, pautadas a reduzir a poluição ambiental das atividades humanas, tendo como principal o surgimento a química verde. [...]O surgimento da química verde tem total relevância, pois ela visa diminuir tais impactos ambientais, gerados pelo uso incorreto dos produtos e dos processos químicos, a química verde, vem também para confrontar a ideia de que química e indústria são vilãs da saúde e do meio ambiente. [...]a química verde traz um novo olhar para a ciência química, onde a mesma sempre é vista como algo ruim, mostrando que a indústria química pode fazer para a diminuição dos impactos ambientais.

Na próxima seção, será realizada a análise articulada entre a proposta didática elaborada pelo P5 e os dados obtidos por meio do questionário, buscando compreender as convergências e divergências entre o planejamento pedagógico e as percepções dos participantes.

4.5.1 Análise da Proposta Didática do P5 Conciliada às Respostas ao Questionário

A PD do P5 teve como temática “Poluentes não-biológicos: descarte sustentável de medicamentos à luz dos princípios da Química Verde”, desenvolvida na disciplina de Saúde Ambiental, junto a uma turma do segundo período do curso de Medicina. A aula teve como objetivo sensibilizar e orientar os estudantes quanto ao descarte responsável de medicamentos, enfatizando a aplicação dos princípios da QV como estratégia para a promoção da sustentabilidade ambiental.

Em sua PD, identificam-se evidências dos componentes do *PCK* relacionados às **Orientações para o Ensino de Ciências** e ao **Conhecimento do Currículo de Ciências**. A

orientação pedagógica é voltada à ação e à conscientização social, ao tratar o descarte de medicamentos como um problema prático e socialmente relevante, evidenciado no objetivo geral, que enfatiza a aplicação dos princípios da QV para a sustentabilidade ambiental, e nos objetivos específicos, que contemplam conscientização, pesquisa e análise crítica.

(PD, OA, p.1, grifo próprio) *Ensinar aos alunos sobre o descarte responsável de medicamentos, destacando os princípios da Química Verde para promover a sustentabilidade ambiental. [...] Identificar os princípios da Química Verde e sua aplicação no contexto do descarte de medicamentos. [...] Conhecer métodos sustentáveis de descarte de medicamentos alinhados com os princípios da Química Verde. [...] Promover a conscientização sobre a importância do descarte responsável de medicamentos para a preservação do meio ambiente.*

Essa orientação pedagógica evidencia características da dimensão OE em dois modelos distintos. Observa-se o descritor “a” do M1, ao propor a inserção da QV no ensino de Química, bem como o descritor “b” do M3, ao ampliar essa inserção para a promoção da Educação Ambiental e da Educação para a Sustentabilidade Socioambiental. Tal articulação indica uma abordagem que ultrapassa a dimensão estritamente conceitual, incorporando perspectivas formativas voltadas à responsabilidade socioambiental.

No que se refere ao componente **Conhecimento da Compreensão dos Alunos sobre Ciências**, infere-se que o planejamento da proposta busca identificar e considerar as percepções iniciais dos estudantes, trabalhando a partir delas. Essa intenção se evidencia na utilização da aula dialogada como estratégia para levantar as concepções prévias dos alunos e na elaboração de projetos em grupo, que possibilitam a externalização, a aplicação e a consolidação dos conhecimentos construídos ao longo do processo educativo.

(PD, I, p.2, grifo próprio) *A aula iniciará com a explicação dos princípios da química verde, onde será apresentado os 12 princípios da Química Verde, destacando aqueles relacionados ao descarte de medicamentos, como a prevenção da poluição e o uso de substâncias menos perigosas. [...] Discutiremos exemplos práticos de como esses princípios podem ser aplicados no contexto do descarte de medicamentos.*

(PD, RI, p.2, grifo próprio) *Dividiremos a sala em pequenos grupos, onde cada grupo deverá elaborar uma proposta de projeto com a temática, em seguida, promoveremos uma discussão em grupo sobre as propostas apresentadas, destacando a importância da aplicação dos princípios da Química Verde no descarte de medicamentos.*

Esse componente também se evidencia na resposta à Q2, na qual o P5 fala sobre os alunos com o qual pretende desenvolver a aula. O participante indica que trabalhará com alunos do nível superior, no contexto da disciplina de Química Ambiental, com o objetivo de que estes possam aplicar, de forma preventiva, os princípios da QV nas indústrias do

município. Tal posicionamento reforça a articulação entre formação acadêmica, contexto local e responsabilidade socioambiental.

Em continuidade ao componente relacionado à compreensão dos alunos, no que se refere ao **Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências**, observa-se que a proposta valoriza a participação, a pesquisa, o debate e a produção coletiva do conhecimento. Essa abordagem se materializa na aula expositiva dialogada, articulada a debates em grupo, atividades práticas, pesquisas orientadas, elaboração de propostas e uso de recursos audiovisuais, como vídeos e imagens, promovendo o protagonismo estudantil e a construção colaborativa da aprendizagem.

(PD, M, p.3, grifo próprio) *A metodologia utilizada nesta aula será a da aula expositiva dialogada, com debate em grupo, atividades práticas, questionário, como pesquisa e elaboração de propostas dentro da temática e a utilização de recursos audiovisuais, como vídeos e imagens.*

As perspectivas relacionadas às estratégias instrucionais evidenciam-se na dimensão AD, contemplando os descritores “c” e “d” do M1, ao demonstrar preocupação com a prática de uma Química segura e com o gerenciamento de resíduos. Simultaneamente, observam-se os descritores “c” e “h” do M2, uma vez que a proposta envolve os alunos na discussão e na escolha de produtos, processos ou procedimentos com maior veracidade química, além de promover a conscientização acerca das boas práticas químicas e de suas implicações sociais e ambientais.

Já o **Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências**, a proposta evidencia uma concepção avaliativa de caráter formativo, que valoriza a construção coletiva do conhecimento e a capacidade dos estudantes de aplicar conceitos científicos a situações reais. Essa perspectiva se manifesta na valorização da participação e do engajamento ao longo das atividades, bem como na entrega de um projeto em grupo como produto final, o qual articula teoria e prática e permite avaliar não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento de competências críticas e colaborativas.

(PD, AAu, p.3, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos no debate e realização das propostas solicitadas, e pela avaliação do questionário pós-aula. Os instrumentos serão a observação direta e questionário.*

O componente Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências apresenta evidências do descritor “c” da dimensão AA no M3, ao contemplar a condução de debates e de processos de argumentação científica. Essas estratégias possibilitam avaliar, de forma individual e coletiva, as percepções e concepções dos alunos acerca da interconexão da QV com movimentos históricos, questões éticas e novas perspectivas científicas, evidenciando

uma avaliação que ultrapassa a dimensão conceitual e alcança níveis mais críticos e reflexivos.

No que se refere aos modelos de ensino da QV, pode-se inferir que a maior parte dos descritores identificados na proposta se aproxima do Modelo 2, ainda que nem todas as suas dimensões estejam plenamente contempladas. O participante demonstra priorizar a contextualização e um ensino orientado à resolução de problemas socioambientais reais, evidenciando uma abordagem crítica e aplicada da QV, que ultrapassa a simples realização de experimentos ou a exploração de conceitos abstratos. Contudo, essa análise contrasta com a autopercepção do P5, que classifica sua PD como situada no Modelo 1, de acordo com a resposta à Q5. Tal descompasso sugere uma possível divergência entre a compreensão que o participante tem de sua prática e os elementos efetivamente evidenciados na PD.

Desta forma, a análise do *PCK* do P5 evidencia uma articulação consistente entre sua trajetória formativa, suas concepções sobre a QV e sua prática pedagógica. Embora o contato inicial com a temática da QV tenha ocorrido de forma introdutória em sua formação inicial, observa-se uma ampliação e ressignificação desse conhecimento.

4.6 ANÁLISE DO *PCK* DO P6

O P6 possui formação inicial em Licenciatura em Química e em Matemática, encontrando-se em processo de formação continuada por meio de pós-graduação em andamento nas áreas de Ensino de Matemática e Ciências Naturais e Educação Especial. Atua como docente no ensino superior, em cursos das áreas da Saúde e das Engenharias, e na educação básica, na rede estadual de ensino. Apresenta trajetória acadêmica marcada pela interdisciplinaridade, desenvolvendo estudos e pesquisas relacionados à QV, bem como a temáticas que dialogam com áreas da Saúde e das Engenharias.

No que se refere à sua relação com a QV, o P6 relata que, durante sua formação inicial em Licenciatura em Química, teve contato mínimo e pontual com a temática, restrito a menções breves em sala de aula, o que atribui, em parte, à organização curricular do curso à época. O aprofundamento sobre a QV ocorreu posteriormente, no contexto da pós-graduação, por meio do contato com docente da área, o que possibilitou uma compreensão mais ampla da relevância dessa abordagem.

A partir dessa experiência, o P6 passou a reconhecer a importância da inserção da QV na formação profissional em Química, destacando seu potencial para desmistificar

concepções negativas sobre a ciência química, promover a sustentabilidade e estimular a criticidade dos estudantes em relação ao uso responsável dos conhecimentos químicos.

(F, U1, grifo próprio) [...] *infelizmente não tive nenhum contato com a temática de "Química Verde", apenas uma vez uma professora do curso comentou sobre o assunto mas de forma muito breve. [...] tive o contato com essa temática de extrema importância e cada vez que estudo mais a fundo eu percebo a importância da abordagem e da expansão da QV, como professor hoje sinto a necessidade de falar da QV para meus estudantes e instruí-los a pensar de forma correta em relação a química, desmistificando conceitos e aumentando a criticidades deles em relação a QV e a sustentabilidade.*

Na análise pessoal do P6 sobre a relevância do surgimento da QV, o participante destaca que a Química é frequentemente percebida socialmente como uma ciência perigosa, percepção reforçada por discursos cotidianos e midiáticos que associam a ausência de “química” à ideia de segurança. Ressalta ainda que a QV representa uma ruptura paradigmática, ao deslocar o foco da produção para a prevenção de impactos, defendendo sua inserção no campo educacional como fundamental para a formação de cidadãos críticos e para a superação de uma “química marrom”, orientada apenas pela produtividade, em favor de uma Química comprometida com a sustentabilidade e as gerações futuras.

(A1, U1, grifo próprio) *A química sempre foi taxada como uma ciência perigosa. É possível identificar esse argumento na própria fala das pessoas, ou até mesmo como a sociedade, refere-se a ela, como por exemplo em propagandas de cosméticos ou produtos estéticos, é muito comum vir acompanhada da frase “não possui química”, o que é uma apresentação extremamente errônea. [...] A abordagem da QV, precisa ir muito além de uma mudança na área experimental, há a necessidade de integrá-la no ambiente educacional, para que haja a formação de cidadãos cada vez mais críticos em relação a essa temática.*

Na próxima seção, será desenvolvida uma análise articulada entre a proposta didática elaborada pelo P6 e os dados obtidos por meio do questionário, com o objetivo de identificar aproximações, distanciamentos e possíveis implicações pedagógicas decorrentes dessa relação.

4.6.1 Análise da Proposta Didática do P6 Conciliada as Respostas ao Questionário

A PD apresentada pelo P6 foi desenvolvida para uma turma do segundo período do curso de Agronomia, no âmbito da disciplina de Bioquímica, tendo como temática “Biorremediação: uso de microrganismos na recuperação de solos contaminados”. A aula teve como objetivo promover a compreensão do conceito de biorremediação e de sua relevância para a agricultura sustentável, destacando o papel dos microrganismos na mitigação de impactos ambientais e na recuperação de áreas degradadas.

No componente **Orientações para o Ensino de Ciências**, o PD6 apresenta uma orientação multidisciplinar e aplicada, voltada à resolução de problemas ambientais contextualizados na agricultura. O ensino prioriza a articulação entre Bioquímica, QV e sustentabilidade, evidenciada nos OA, que buscam capacitar os estudantes de Agronomia a compreender e aplicar os princípios da biorremediação na recuperação de solos contaminados, bem como na introdução da aula, ao relacionar o conteúdo à futura atuação profissional dos discentes.

(PD, OA, p.1, grifo próprio) *Compreender o conceito de biorremediação e sua importância na agricultura sustentável; [...] analisar a relação entre bioquímica e sustentabilidade na recuperação de solos contaminados; [...] Identificar a Importância da Química Verde na temática da aula.*

Tal aspecto também se alinha ao descritor “a” da dimensão OE, referente ao M2, ao evidenciar a inserção da QV no Ensino de Química de forma intencional e contextualizada. Essa orientação é corroborada na resposta à Q1, na qual o P6 afirma ser de extrema importância que seus alunos aprendam conteúdos curriculares articulados à QV, a fim de ampliar seus conhecimentos sobre a temática e desenvolver uma postura mais crítica diante das questões relacionadas a ela.

Na continuidade da análise, no que se refere ao **Conhecimento do Currículo de Ciências**, observa-se que a PD do P6 evidencia domínio curricular ao articular, de forma integrada, conteúdos de Bioquímica, Agronomia e Química Ambiental. Essa articulação se manifesta no decorrer do planejamento da aula, que relaciona os mecanismos bioquímicos envolvidos na biorremediação aos princípios da QV e à sustentabilidade agrícola. Além disso, a organização dos conteúdos apresenta uma progressão lógica, iniciando pela contextualização do problema ambiental, avançando para a fundamentação teórica e a análise dos mecanismos bioquímicos, e culminando na discussão de suas relações com a QV.

(PD, I, p.1, grifo próprio) *A aula iniciou-se com uma introdução envolvente sobre a importância do solo na agricultura e os desafios que a contaminação do solo representa, em seguida foi introduzido de forma breve o conceito de biorremediação e sua relevância na restauração da saúde do solo e discutido a conexão entre a biorremediação e a química verde como uma abordagem sustentável.*

Quanto ao **Conhecimento da Compreensão dos Alunos sobre Ciências**, a proposta do P6 evidencia uma preocupação explícita em envolver os estudantes e valorizar suas percepções ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Essa intenção se expressa na utilização de questões problematizadoras, que mobiliza a reflexão e ativa as concepções prévias dos discentes. Além disso, as discussões em grupo e o momento de Reconciliação

Integradora possibilitam avaliar não apenas a apropriação teórica dos conceitos, mas também sua aplicação prática e a dimensão atitudinal do conhecimento construído.

(PD, I, p.2, grifo próprio) [...] *O que podemos fazer para reverter essa situação? [...] Mas o que a química verde tem a ver com tudo isso?*

(PD, RI, p.5, grifo próprio) *A medida que encerramos nossa jornada através dos conceitos de biorremediação, química verde e sua interconexão na busca por soluções sustentáveis para a contaminação do solo, é crucial refletirmos sobre o que aprendemos e como isso pode impactar nosso papel como futuros agrônomos.*

No que se refere ao **Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências**, a proposta da PD6 destaca-se pelo uso diversificado de métodos de ensino, configurando-se como um dos pontos fortes da prática pedagógica do P6. Observa-se a combinação de estratégias expositivas, como o uso de slides e a apresentação de dados teóricos, com momentos interativos, incluindo discussões em grupo, análise de imagens e atividades de reflexão integradora. O emprego de recursos visuais em momentos estratégicos contribui para a compreensão de conceitos bioquímicos mais complexos, além de potencializar a memorização e a aprendizagem significativa dos estudantes.

(PD, M, p.7, Grifo próprio) *Durante a introdução e os diferentes tópicos a aula, foi utilizada uma abordagem expositiva para fornecer informações teóricas sobre os conceitos de biorremediação, química verde e sua relação com a agricultura sustentável. Isso ajudou os alunos a compreenderem os fundamentos do assunto, os processos bioquímicos envolvidos na biorremediação e os princípios da química verde. A reflexão integradora, apresentada no final da aula, permitiu que os alunos fizessem uma análise global do que foi abordado. Eles puderam conectar os pontos entre biorremediação, química verde e sustentabilidade. Essa abordagem incentivou os alunos a pensar criticamente, aplicar o conhecimento adquirido e considerar como podem contribuir para um futuro mais sustentável como futuros agrônomos.*

A estratégia empregada na PD apresenta evidências dos descritores “c” e “h” da dimensão AD no M2, ao envolver os alunos na discussão e na escolha de produtos, processos ou procedimentos com maior veracidade química. Além disso, promove a conscientização acerca das boas práticas químicas e de suas implicações sociais e ambientais, favorecendo uma compreensão mais crítica e responsável da atuação científica.

De modo complementar, observam-se também evidências dos descritores “a” e “d” da dimensão PP no M2. A proposta revela uma postura dialógica, na qual o participante se mostra disposto a envolver os alunos nos processos de análise e tomada de decisões referentes à QV, ao mesmo tempo em que promove uma contextualização crítica dos conteúdos.

No que se refere ao **Conhecimento de Avaliação no Ensino de Ciências**, a PD evidencia uma concepção avaliativa abrangente, contínua e de caráter formativo,

contemplando múltiplas dimensões da aprendizagem. Observa-se o uso de diferentes instrumentos avaliativos, como questionários para aferição da compreensão conceitual, discussões em grupo para avaliar a argumentação dos estudantes, análise de imagens para verificar conexões visuais e momentos de reflexão final, que possibilitam identificar a aplicação dos conhecimentos e as percepções pessoais dos discentes. Além disso, o professor adota uma perspectiva avaliativa holística, ao explicitar que a avaliação busca contemplar a compreensão teórica, a capacidade prática e a aplicação dos conceitos trabalhados ao longo da proposta.

(PD, AAu, p.8, grifo próprio) *Questionários de Compreensão Conceitual. [...] Discussões em Grupo. [...] Análise de Imagens. [...] Reflexão Final.*

O método avaliativo apresentado na proposta evidencia o descritor “e” da dimensão AA no Modelo 3, ao contemplar a avaliação da participação dos alunos com base em critérios como argumentação, interação com os colegas, escuta ativa, iniciativa e proatividade.

Quando analisada a partir dos modelos de ensino de QV, foi verificado que a PD apresentou evidências dos descritores que se enquadram ao M2, embora não contemple todas as dimensões, a proposta demonstra claramente como o ensino da QV pode ser baseado na resolução de problemas relevantes para o curso de Agronomia, articulando teoria, prática e sustentabilidade.

Em consonância com os elementos identificados na proposta, ao responder à Q5, o P6 afirma que sua PD se assemelha ao modelo de Goés *et al.* (2013), caracterizado por um enfoque epistemológico e pedagógico, voltado à compreensão de como o professor ensina e mobiliza seus conhecimentos profissionais.

Em síntese, a análise do PCK do P6 revela um conhecimento pedagógico do conteúdo em QV que se encontra em processo de consolidação, marcado por avanços significativos na articulação entre conteúdo científico, contextualização profissional e sustentabilidade. O P6 demonstra intencionalidade na integração da QV ao ensino, mobilizando estratégias diversificadas, abordagem interdisciplinar e avaliação formativa, o que evidencia compreensão ampliada de seu potencial formativo.

4.7 SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DO PCK EM QV DOS PARTICIPANTES

As atividades do curso, o Fórum (A2, U1) e a A1 da U1, foram primordiais para a análise do PCK dos participantes, pois permitiram identificar tanto seus percursos formativos em relação à QV quanto às orientações que atribuem ao seu ensino. As respostas

evidenciaram níveis distintos de contato prévio com a temática, revelando lacunas na formação inicial de alguns participantes e maior familiaridade de outros.

Contudo, de forma convergente, todos reconheceram sua relevância para o ensino de química, para a formação profissional, para a sustentabilidade e para a ressignificação da imagem social da Química. Tal resultado ganha ainda mais relevância ao se considerar que, embora a QV reúna princípios essenciais à sustentabilidade e à própria sobrevivência humana, sua abordagem no ensino permanece incipiente, estando historicamente mais associada ao setor industrial (Brandão *et al.*, 2018).

O uso do questionário baseado no CoRe constituiu um importante instrumento para a análise do *PCK* dos participantes. Embora alguns tenham apresentado respostas mais lacônicas, foi possível identificar que, em suas PDs, a maioria dos participantes ultrapassaram a simples definição do que deveria ser ensinado, demonstrando preocupação também com o “por que” e o “como” ensinar a QV de forma integrada aos conteúdos químicos.

A articulação das respostas com os componentes do *PCK* permitiu delinear um panorama mais aprofundado do conhecimento pedagógico dos professores, evidenciando não apenas o domínio do conteúdo, mas também as estratégias mobilizadas para promovê-lo de maneira significativa. Assim, as questões fundamentadas no CoRe cumpriram uma função formativa ao estimular a reflexão crítica sobre o “que ensinar”, o “por que ensinar” e o “como ensinar” QV, conforme destacam Loughran, Mulhall e Berry (2004).

No que se refere aos componentes do *PCK*, a análise permitiu identificá-los em diferentes etapas das PDs, evidenciando como foram mobilizados ao longo de sua estruturação. O Quadro 4.2 a seguir apresenta uma síntese dessas evidências, indicando em quais seções e em quais propostas cada componente se manifesta.

Quadro 4.2 - Identificação dos Componentes do *PCK* nas Propostas Didáticas.

Componentes do <i>PCK</i>	Seções das Propostas Didáticas	Participantes
Orientações para o Ensino de Ciências	Objetivos de Aprendizagem	P1; P2; P3; P4; P5; P6.
	Introdução	P2; P3; P6.
	Metodologia	P2; P3.
Conhecimento do Currículo de Ciências	Objetivos de Aprendizagem	P1; P2.
	Introdução	P1.
	Desenvolvimento	P2; P3; P4; P5; P6.

	Reconciliação Integradora	P6
	Metodologia	P5
Conhecimento da Compreensão dos Alunos	Introdução	P1; P2; P3; P6
	Desenvolvimento	P3; P4; P5.
	Metodologia	P1
	Recursos Didáticos	P2.
Conhecimento das estratégias Instrucionais	Desenvolvimento	P1; P2; P3; P4; P5; P6
	Metodologia	P1; P3; P4; P5; P6
Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências	Desenvolvimento	P1; P2; P3; P4; P5; P6.
	Avaliação da Aula	P1; P2; P3; P4; P5; P6.

Fonte: Dados da Pesquisa (2026).

De acordo com o quadro, observa-se que os componentes do *PCK* não se restringem a uma única seção das propostas, mas se distribuem ao longo de diferentes momentos do planejamento docente. Essa constatação está alinhada à concepção integradora de *PCK* proposta por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), segundo a qual seus componentes não atuam de forma isolada, mas articulada e dinâmica na prática pedagógica. Nessa perspectiva, o *PCK* manifesta-se de maneira transversal, permeando todo o processo de planejamento e implementação do ensino, e não apenas um momento específico da PD.

O **Conhecimento das Estratégias Instrucionais** foi um dos dois componentes mais recorrentes, com evidências nas seções do desenvolvimento - D, em todas as PDs, e da metodologia - M, em cinco das seis PDs, o que reforça a centralidade do planejamento metodológico na prática docente. Conforme discutido por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), esse componente do *PCK* é responsável por articular representações, abordagens e recursos que tornam o conteúdo ensinável, evidenciando que as estratégias escolhidas constituem o eixo por meio do qual os conteúdos e objetivos se materializam na prática pedagógica, em consonância com a noção de transformação didática proposta por Shulman (1987), onde o conhecimento do conteúdo se materializa nas representações didáticas que favoreçam o processo de ensino aprendizagem.

Outro componente amplamente evidenciado foi o **Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências**, identificado em todas as PDs, tanto nas seções de D quanto nas de AA. Segundo Fernandez (2015), a avaliação não deve ser compreendida apenas como instrumento de mensuração do que o aluno aprendeu, mas como parte integrante do processo de ensino, pois orienta a identificação das aprendizagens construídas e possibilita a reorganização das estratégias pedagógicas. Nas propostas analisadas, observa-se que a avaliação, na maioria das PDs, é incorporada ao longo das aulas, e não restrita a um momento final.

Quanto às **Orientações para o Ensino de Ciências**, esse componente é evidenciado em três seções, contudo, em todas as PDs, aparece articulado à seção OA. Ele expressa as concepções e as finalidades que o professor atribui ao ensino e, por isso, influencia diretamente a escolha dos conteúdos, as estratégias metodológicas adotadas e as formas de avaliação utilizadas (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999).

O **Conhecimento do Currículo de Ciências** foi identificado em cinco seções distintas, com maior destaque na seção de D, presente em cinco das seis PDs analisadas. Dado este que indica que as escolhas realizadas nessa etapa não são aleatórias, mas fundamentadas nas orientações curriculares, evidenciando a preocupação dos professores em alinhar sua prática pedagógica aos currículos específicos. Essa constatação está em consonância com o que Magnusson, Krajcik e Borko (1999) definem sobre esse componente, ao afirmarem que ele se refere ao entendimento que o professor possui acerca dos programas, diretrizes e materiais curriculares relacionados ao ensino de determinado conteúdo.

Já o **Conhecimento da Compreensão dos Alunos** apareceu de forma mais concentrada na seção de I, o que indica que os participantes valorizam o diagnóstico das concepções prévias dos estudantes no início da aula. No entanto, na maioria das PDs, esse componente não se apresentou de maneira clara e sistemática. Além disso, observa-se que, em muitos casos, ele não se mantém ao longo do desenvolvimento da proposta, ficando restrito ao momento inicial do planejamento.

De forma geral, a análise coletiva evidencia que os componentes do *PCK* proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), se constituem como um conhecimento integrado e articulado, presente em diferentes seções do planejamento didático, de forma interdependente. Esse resultado contrasta com a perspectiva de Abell (2008), que argumenta que o modelo pode assumir um caráter mais estrutural e estático. No entanto, os dados analisados indicam que, na prática, seus componentes se apresentam de maneira dinâmica e integrada.

Após identificar como os componentes do *PCK* se manifestam nas PDs, o próximo passo consistiu em analisar os modelos de ensino de QV evidenciados nas atividades. Para isso, foi utilizada uma rubrica de avaliação, que possibilitou classificar cada proposta de acordo com os modelos de abordagem da QV de Sandri e Santin Filho (2019).

As rubricas consolidaram-se como um recurso importante na avaliação de competências, atuando como um instrumento que direciona o processo avaliativo (Cano, 2015). Podem ser utilizadas em diversas atividades e representam um método bastante acessível para subsidiar a análise de uma ampla gama de produções e desempenhos dos

estudantes (Fernandes, 2021). No caso da presente pesquisa, servirá para avaliar em que grau de desenvolvimento encontra-se o *PCK* dos participantes.

A aplicação da rubrica consistiu na análise detalhada de cada PD, considerando suas características e o grau de alinhamento com os modelos de ensino M1, M2 e M3. Os caracteres identificados pelas letras a, b, c, d, e, f, g, h, i e j correspondem a descritores específicos que distinguem cada modelo, representando ações, comportamentos e focos do professor, bem como objetivos e formas de avaliação coerentes com cada perspectiva de ensino.

Para fins de classificação, estabeleceu-se que o nível “Desenvolvido” seria atribuído às propostas que apresentassem ao menos três descritores do Modelo 3; o nível “Em desenvolvimento” às que contemplassem, no mínimo, cinco descritores do Modelo 2; e o nível “Inicial” às propostas que evidenciam exclusivamente descritores do Modelo 1.

Para mais detalhes sobre os descritores, pode-se consultar o Quadro 2.1 e o Quadro 3.3. O quadro a seguir apresenta de forma sintetizada quais descritores de cada dimensão e modelo foram identificados nas PDs de cada participante.

Quadro 4.3 - Características dos Modelos de QV apresentadas nas Propostas Didáticas.

	Modelo 1					Modelo 2					Modelo 3				
	AD	PP	MFA	OE	AA	AD	PP	MFA	OE	AA	AD	PP	MFA	OE	AA
P1	c					b, c, f	a, b	a, b	a						e
P2	c					g, h	a, d		a						e
P3	a		a												e
P4	c	b			a	b, c, g	a, b	a, b							e
P5	c, d				c	c, h	a, d							b	c
P6						c, h	a, d		a	c					e

Fonte: Dados da Pesquisa (2026).

Como é possível perceber no quadro acima, a maior parte dos descritores identificados nas PDs analisadas concentra-se no M2, evidenciando um predomínio de abordagens que ultrapassam uma compreensão meramente técnica da QV. Esse achado converge com os resultados apresentados por Nascimento (2025), que também identificou maior incidência de propostas situadas nesse nível intermediário.

O M2 caracteriza-se pela ampliação da abordagem da QV, integrando seus princípios em atividades teóricas e práticas e articulando aspectos conceituais, procedimentais e socioambientais. Nas propostas analisadas, em consonância com Nascimento (2025), observa-se a mobilização de métricas como economia de átomos e balanço de massa, além da problematização de impactos ecológicos, econômicos e questões de sustentabilidade, indicando uma incorporação mais estruturada e contextualizada da QV no Ensino de Química.

Em comparação aos resultados apresentados por Sandri e Santin Filho (2019), os dados desta pesquisa, assim como os de Nascimento (2025), evidenciam um avanço na forma como a QV vem sendo incorporada ao ensino de Química. Observa-se um movimento de transição que supera modelos estritamente conteudistas e abordagens pontuais da QV, passando a integrar seus princípios tanto em aulas teóricas quanto práticas. Essa ampliação favorece um ensino mais contextualizado, que começa a se aproximar de uma abordagem didática alinhada ao Modelo 3, caracterizada pela articulação interdisciplinar da QV com conteúdos curriculares e com questões relacionadas à perspectiva CTSA.

Com base nos resultados obtidos a partir da aplicação da rubrica, foi possível inferir a classificação do *PCK* em QV dos participantes, descritos no Quadro 4.4 abaixo.

Quadro 4.4 - Classificação do *PCK* em QV dos Participantes.

Participante	Descritores M1	Descritores M2	Descritores M3	Classificação do <i>PCK</i>
P1	1	8	1	Em desenvolvimento
P2	2	5	1	Em desenvolvimento
P3	2	0	1	Inicial
P4	3	8	0	Em desenvolvimento
P5	3	5	1	Em desenvolvimento
P6	0	6	1	Em desenvolvimento

Fonte: A Autora (2026).

O alinhamento das PDs com os modelos de ensino de QV permitiu classificar o *PCK* em QV de cada participante. De modo geral, verificou-se que a maioria dos participantes

apresentou um *PCK* em QV classificado como “Em desenvolvimento”, caso de P1, P2, P4, P5 e P6. Apenas o participante P3 foi enquadrado no nível inicial. Embora tenha sido identificado um descritor correspondente à dimensão AA do Modelo 3 em sua proposta, tal evidência mostrou-se pontual e não se manteve de forma coerente ao longo do desenvolvimento da PD, o que justificou sua classificação no nível inicial.

Esses resultados indicam que os participantes estão avançando além da aplicação pontual de princípios básicos, mobilizando estratégias e avaliações que ampliam o significado formativo da QV, com potencial de evolução para abordagens mais complexas e interdisciplinares (Modelo 3), conforme categorizado por Sandri e Santin Filho (2019).

Nesse processo, o curso de extensão em QV configurou-se como elemento mediador no desenvolvimento do *PCK* em QV, ao proporcionar momentos de estudo, problematização e elaboração de PDs articuladas aos conteúdos curriculares. Ao favorecer a reflexão sobre o “o que”, “por que” e “como” ensinar QV, o curso contribuiu para a ampliação das orientações pedagógicas dos participantes e para a construção de práticas mais coerentes com uma perspectiva crítica e socioambiental do ensino de Química. Assim, os dados sugerem que experiências formativas intencionais e estruturadas desempenham papel central na consolidação de abordagens didáticas mais críticas e sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As manifestações do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em Química Verde (*PCK* em QV) entre professores de Química ainda configuram um campo pouco explorado na literatura, especialmente no âmbito de dissertações e teses. A escassez de estudos identificada na RSL evidenciou a necessidade de investigações que aprofundem essa interface, reforçando a relevância desta pesquisa. Nesse contexto, o presente estudo buscou contribuir para o avanço da área ao responder à seguinte questão norteadora: como o *PCK* em QV de professores de Química se manifesta após a participação em um Curso de Extensão sobre Química Verde?

Os resultados indicam que o Curso exerceu impacto direto na elaboração das PDs, favorecendo uma manifestação mais elaborada do *PCK* em QV. Esse achado ganha relevância quando considerado o cenário apontado por Vaz (2024), que destaca haver ainda um longo caminho a percorrer para a efetiva incorporação da QV na maioria dos currículos de formação de professores e de profissionais da Química no país. Nesse contexto, o curso assume papel significativo ao contribuir para a inserção da QV nos currículos, promovendo avanços na formação docente e na integração da sustentabilidade ao ensino de Química.

A maioria dos professores apresentou um *PCK* classificado como “em desenvolvimento”, o que representa um avanço significativo, considerando que os conhecimentos prévios sobre QV eram limitados. Ainda assim, todos reconheceram a relevância da temática tanto para a formação profissional quanto para o ensino de Química, defendendo sua abordagem desde o ensino médio e seu aprofundamento na graduação. Essa percepção aproxima o ensino de Química de uma perspectiva socioambiental alinhada aos princípios da sustentabilidade. Nessa direção, Burmeister *et al.* (2012) destacam que a aprendizagem de teorias e conceitos químicos, isoladamente, não é suficiente para desenvolver nos estudantes as competências necessárias para enfrentar questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, sendo imprescindível integrar dimensões sociais, ambientais e éticas ao processo formativo.

A análise integrada dos dados, a partir do fórum, da atividade 2, do questionário baseado no CoRe e das PDs, revelou que os docentes elaboraram planejamentos que expressam um pensamento pedagógico articulado, evidenciando a presença dos componentes do *PCK* em diferentes etapas do ensino, da introdução à avaliação da aula. Destacou-se o “Conhecimento das Estratégias Instrucionais”, componente mais recorrente nas propostas, indicando intencionalidade na seleção de atividades e abordagens didáticas. Essas

características demonstram a capacidade de transformar o conhecimento sobre QV em práticas pedagógicas significativas, indo além da mera exposição de conteúdos científicos.

Os resultados demonstram que a participação no curso influenciou a forma como os professores planejam e estruturam suas aulas, favorecendo a transformação do conhecimento científico em práticas pedagógicas mais significativas. Observou-se coerência entre objetivos, conteúdos, estratégias e avaliação, indicando avanços na articulação entre conhecimento disciplinar e conhecimento pedagógico, elemento central do *PCK*. Dessa forma, evidenciou-se que ações formativas voltadas a temas emergentes, como a QV, podem contribuir para práticas docentes mais críticas, reflexivas e socialmente comprometidas.

Os objetivos propostos para esta pesquisa foram alcançados, uma vez que foi possível descrever as manifestações do *PCK* em QV, identificar como a temática foi incorporada aos conteúdos e estratégias de ensino e analisar as contribuições do curso de extensão para o desenvolvimento do conhecimento pedagógico dos participantes. Também foram identificadas dificuldades relacionadas, principalmente, à limitação de tempo didático e à necessidade de maior disponibilidade de recursos para a implementação de propostas voltadas à sustentabilidade.

A análise das PDs, com base na rubrica fundamentada em Sandri e Santin Filho (2019), indicou que a maioria dos participantes se alinhou ao Modelo 2, evidenciando um movimento que ultrapassa abordagens estritamente técnicas e incorpora perspectivas mais contextualizadas e críticas. Contudo, a presença ainda restrita de descritores associados a níveis mais complexos sinaliza que a consolidação de uma abordagem plenamente integrada, interdisciplinar e crítica da QV permanece como desafio formativo.

Outro aspecto que merece destaque é a dimensão Avaliação da Aprendizagem (AA), estabelecida por esta pesquisa, a qual foi evidenciada em quase todas as propostas no M3. Esse dado sugere que os participantes demonstram reconhecer a relevância da avaliação no processo de ensino-aprendizagem. Tal compreensão encontra respaldo na perspectiva histórico-crítica de Saviani (2008), segundo a qual a avaliação ocupa um lugar central na constituição social do sujeito. Nessa abordagem, ela não deve ser reduzida a um instrumento meramente classificatório, mas compreendida como um momento privilegiado de análise e reflexão sobre o processo educativo (Luckesi, 2011; Hoffmann, 2014). Assim, a avaliação torna-se indissociável das determinações sociais e históricas que permeiam o ensino, orientando-se, sobretudo, pelo compromisso com a efetiva aprendizagem do estudante.

Embora os resultados não sejam generalizáveis, em razão da amostra reduzida e do recorte temporal da investigação, a abordagem qualitativa adotada possibilitou uma análise

descritiva aprofundada do processo formativo. Entre as principais limitações do estudo, destaca-se o número restrito de participantes, decorrente, em parte, da evasão observada no curso ofertado na modalidade EAD. Grande parte dos docentes inscritos desistiu logo no início, sem chegar a iniciar efetivamente as atividades, enquanto outros abandonaram o curso ao longo de seu desenvolvimento.

A evasão em cursos de Educação a Distância, como verificado neste caso, constitui um desafio recorrente para instituições educacionais. Trata-se de um fenômeno complexo e multifatorial, associado a dificuldades de adaptação ao modelo remoto, à insuficiência de suporte institucional e aos desafios pessoais e profissionais enfrentados pelos participantes. Esses fatores contribuem significativamente para a desistência, conforme apontam estudos como os de Aguiar (2012), Branco *et al.* (2020) e Netto *et al.* (2010).

Além disso, a limitação temporal da pesquisa impossibilitou o acompanhamento longitudinal do desenvolvimento do *PCK* em QV dos professores, bem como a avaliação do impacto das propostas didáticas na aprendizagem dos estudantes. Diante disso, sugerem-se pesquisas futuras que ampliem a amostra de participantes, realizem estudos longitudinais e investiguem os efeitos da implementação das propostas didáticas na aprendizagem dos alunos, a fim de verificar se a manifestação do *PCK* em QV se traduz em práticas efetivamente transformadoras.

Em síntese, os achados evidenciam que o *PCK* em QV dos participantes encontra-se em processo de consolidação, marcado por avanços significativos na incorporação de dimensões socioambientais ao Ensino de Química. A predominância de propostas classificadas como “em desenvolvimento” indica uma transição para abordagens mais reflexivas, contextualizadas e comprometidas com a sustentabilidade. Assim, esta pesquisa reforça o papel dos cursos de extensão como catalisadores do desenvolvimento profissional docente e como espaços formativos estratégicos para a consolidação do *PCK* em QV, contribuindo para uma educação química mais alinhada aos desafios ambientais e sociais contemporâneos.

Por fim, esta pesquisa contribui para o fortalecimento das discussões que articulam o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e a Química Verde, evidenciando o potencial de ações formativas intencionais para promover avanços na prática docente. Ao investigar a manifestação do *PCK* em QV, o estudo amplia debates ainda incipientes na literatura nacional e reafirma o papel da formação de professores como elemento central para a construção de um ensino de Química crítico, contextualizado e comprometido com os desafios socioambientais contemporâneos. Dessa forma, reafirma-se que a inserção da QV no ensino não representa

apenas a inclusão de novos conteúdos, mas a consolidação de um novo paradigma educacional orientado à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABELL, Sandra, Kay. Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? **International Journal of Science Education**, 2008. 30(10), 1405-14-16. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>. Acesso em 13 de dezembro de 2025.
- AGUIAR, Wagner Nery Moreira. A evasão na EaD: uma análise sobre os dados e relatórios apresentados pelo Inep, UAB e Abed. **Revista Educação Pública**, 2012. Disponível em: Periódicos Uniso. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/>. Acesso em 22 de jan. 2023.
- ALMEIDA, Q. A. R.; ALVES, M. N.; COSTA, D. A. Química verde nos cursos de licenciatura em química do Brasil: mapeamento e importância na prática docente. **Revista de Educação em Ciências e Matemática da Amazônia**, v. 15, n. 34, p. 178-187, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6971>. Acesso em: 3 jan. 2025.
- ANASTAS, Paul. Theodore.; KIRCHHOFF, Mary. Origins, current status, and future challenges of green chemistry. **Accounts of Chemical Research**, v. 35, n. 9, p. 686-694, 2002. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ar010065m>. Acesso em: 11 maio 2024.
- ANASTAS, Paul Theodore; WERNER, John Charles. **Green Chemistry: theory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998.
- ANDRADE, Rosivânia da Silva.; ZEIDLER, Vânia Gomes Zuin. Proposições Acerca Da Experimentação Formativa Para Educação Química. **Ciência & Educação** (Bauru) 2023, 29. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320230012>. Acesso 23 de nov. 2025.
- ANDRADE, Rosivânia da Silva.; ZUIN, Vânia Gomes. A Experimentação na Educação em Química Verde: uma Análise de Propostas Didáticas Desenvolvidas por Licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.l.], p 1–22, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/25960>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.
- BRANCO, Lilian Soares Alves; CONTE, Elaine; HABOWSKI, Adilson Cristiano. Evasão na educação a distância: pontos e contrapontos à problemática. Avaliação: **Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 25, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/SciELO>. Acesso 13 jan. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 4, de 29 de maio de 2024. **Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial e continuada de professores**. Brasília: CNE, 2024.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 28 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 8 maio 2024.

BRUNDTLAND, Harlem, Gro. **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. United Nations: Oxford, 1987. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>. Acesso em: 21 dez. 2023.

BURMEISTER, Mareike; RAUCH, Franz; EILKS, Ingo. **Education for Sustainable Development (ESD)**. Chem. Educ. Res. Pract., v. 13, p. 59, 2012. DOI: 10.1039/C1RP90060A. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/rp/c1rp90060>. Acesso em: 2 jan. 2023.

CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2014.

CANO, Elena. Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿Uso o abuso? Profesorado. **Revista Currículum y formacion del profesorado**. Vol.19, nº 2. p. 265-280, 2015. Disponível em: <https://www.ugr.es/~recfpro/rev192COL2.pdf>. Acesso em 22 set. 2025.

CARSON, Rachel. **Primavera Silenciosa**. Traduzido por Claudia Sant'Anna Martins. 1. ed. São Paulo: Gaia, 2016.

CGEE. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Química Verde no Brasil 2010-2030. Brasília, 2010. ISBN 978-85-60755-31-8. Disponível em: www.cgee.org.br/atividades/redirect/6528. Acesso em: 12 jul. 2024.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

CMMAD. **Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Nosso Futuro Comum. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=211228>. Acesso em: 24 ago. 2024.

COELHO, José Claudio.; MARQUES, Carlos Alberto. A chuva ácida na perspectiva de tema social: um estudo com professores de química. Química Nova na Escola, v. 25, p. 14-19, 2007. Disponível em: <https://quimicanova.sbq.org.br/>. Cesso em :14 de março de 2024.
CORRÊA, Arlene; ZUIN, Vânia. **Química Verde: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

CORREIA, Daniele. Os saberes docentes constitutivos do professor pesquisador de sua prática pedagógica. **Revista Ciência em Tela**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2016. Disponível em: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0901pe02.pdf>. Acesso em: fev. 2023.

CORRÊA, Arlene; ZUIN, Vânia. **Química Verde: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

DESPREBITERIS, Léa. **Avaliação da aprendizagem: fundamentos e práticas**. São Paulo: Cortez, 2017.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, jul./set. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/hvbYDBH5vQFD6zfjC9zHc5g/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2023.

FERNANDES, Carmen. Revisitando a Base de Conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*PCK*) de Professores de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 11, n. 2, p. 500-528, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/jcNkTj9wx5GScw956ZGD4Bh/?format=pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

FERNANDES, Domingos. Rubricas de Avaliação. Folha de apoio à formação - Projeto de Monitorização, Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Portugal. **Ministério da Educação**. Direção-Geral da Educação, 2021. Disponível em: <https://afc.dge.mec.pt/sites/default/files/2021pdf>. Acesso em: 28 mar 2025.

FERREIRA, Silvania Alves; OLIVEIRA, Dalgiza Andrade. Desinformação, crise de confiança na ciência e necessidade de políticas para divulgação científica. **Ciência da Informação Express**, v. 2, n. 4, p. 1-6, 9 abr. 2021. Disponível em: <https://cienciadainformacaoexpress.ufla.br/index.php/revista/article/view/28/63>. Acesso em: 22 mar. 2023.

FREIRE, PAULO. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GATTI, Bernardete A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2021.

GATTI, Bernardete A. O trabalho docente: formação, práticas e políticas. São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 2013.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ªed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOÉS, Luciane Fernandes; LEAL, Sérgio Henrique; CONO, Paola; FERNANDEZ, Carmen. Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. **Educación Química**, Ciudad de México, n. 26, p. 113-123, 2013. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscador-primo.html>. Acesso em: 26 nov. 2022.

GOMES, Vânia. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 10, n. 21, 2014. DOI: 10.21713/2358-2332. 2013. v10. 425. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/425>. Acesso em: 23 mar. 2023.

GORZONE, Sílvia de Paula; DAVIS, Claudia. O conceito de profissionalidade docente nos estudos mais recentes. **Cad. Pesqui.** 47 (166). Oct-Dec 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053144311>. Acesso em: 14 jan 2024.

GROSSMAN, Pamela. **The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education**. New York: Teachers College Press, 1990.

GROSSMAN, Pamela. RICHERT, Anna. Unacknowledge Knowledge Growth: a examination of the effects of teacher education. **Teaching and teacher education: An International Journal of Research and Studies**, v4 n1 p53-62 1988. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ375644>. Acesso em 17 mai. 2023.

GROSSMAN, Pamela.; WILSON, Suzzane; SHULMAN, Lee. Teachers of substance: subject matter knowledge for teaching. In: Reynolds, M. Knowledge base for the beginning teacher. For the american association of colleges for teacher education. New York: **Pergamon Press**, 1989. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=537783>. Acesso em: 23 de mai. 2023.

HOBBSAWM, Eric. **A era dos extremos: o breve século XX (1914–1991)**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade**. 33. ed. Porto Alegre: Mediação, 2014.

INEP - **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Censo da Educação Superior: 2021. Brasília: INEP, 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2022/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2022.pdf. Acesso em 14 junh. 2023.

LENARDÃO, Eder João; FREITAS, Rogério Antônio. DABDOUB, Miguel J. BATISTA, Antônio C. Ferreira. SILVEIRA, Claudio da Cruz. “Green Chemistry” – Os 12 Princípios da Química Verde e sua Inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XQTWJnBbnJWtBCbYsKqRwsy>. Acesso em: 10 mai. 2022.

LEMKE, Jay. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 5, n. 1, p. 5-12, 2006. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73528>. Acesso em: 22 janeiro 2024.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

LINDGREN, José Augusto Alves. **Rio-92 como conferência social**. A década das conferências: 1990-1999. Brasília: FUNAG, 2018. p. 71-91. Disponível em: https://funag.gov.br/biblioteca-nova/produto/1-256-decada_das_conferencias_1990_1999_a. Acesso em 11 ag. 2024.

LOUGHRAN, John; MULHALL, Pamela; BERRY, Amanda. Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, n. 4, p. 370-391, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20007>. Acesso em 19 mai. 2023.

LOZANO, Diana Lineth Parga. Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: o caso dos professores universitários de química. **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología - Tecné, Episteme y Didaxis**, (38), 167-182. 2015. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscador-primo.html>. Acesso em: 27 nov. 2022.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LUDKE, Menga. ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Adélio. Da Gênese ao Ensino da Química Verde. **Química Nova**. Vol.34, No. 3, 535-543. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3fjBw9XHr3jfyqnnZhZt9kh/?lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2023.

McNEILL, John Robert. Something new under the sun: an environmental history of the twentieth-century world. New York: W. W. Norton & Company, 2000.

MAGNUSSON, Shirley; KRAJICK, Joseph; BORKO, Hilda. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 1999. p. 95-132. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227145456_Nature_Sources_and_Development_of_Pedagogical_Content_Knowledge_for_Science_Teaching. Acesso em: 17 julh. 2023.

MARQUES, Carlos. Alberto., GONÇALVES, Fabio. Peres, ZAMPIRON, E., COELHO, J. C., MELLO, L. C., OLIVEIRA, P. R. S., & LINDEMANN, R. H. 2007. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. **Química Nova**, 30(8), 2043–2052. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800042>. Acesso em: 03 out. 2024.

MARQUES, Carlos Alberto; GONÇALVES, Fábio Peres.; YUNES, Santiago Francisco; MACHADO, Adélio. Sustentabilidade ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no **Brasil**. **Química Nova**, Vol. 36, No. 6, 914-920, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3jTb5WnmJ3xRWG9TW5yTjQk/?lang=pt>. Acesso em: 14 out. 2025.

MARQUES, Carlos Alberto; SANDRI, Marilei Casturina Mendes; MARCELINO, Leonardo Victor; DIAS, Erica Dayane Souza; MACHADO, Adélio A. S. C. Green chemistry teaching: a panorama from Brazilian authors. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 1-27, 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/17573>. Acesso em: 8 maio 2025.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. An Integrated Vision of the Green Chemistry Evolution along 25 Years. *Found Chem* 2021, 23 (3), 2993328. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10698-021-09396-6>. Acesso em: 30jan. 2025.

MEADOWS, Donella H.; MEADOWS, Dennis L.; RANDERS, Jørgen; BEHRENS III, William W. *The limits to growth*. New York: Universe Books, 1972.

MERAT, L. M. O. C.; SAN GIL, R. A. DA S.. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. *Química Nova*, v. 26, n. 5, p. 779–781, set. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XYMgJqwjhgLRVQk3gBJTrrv/?lang=pt>. Acesso em 13 jan. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Resolução adotada pela Assembleia Geral em 25 de setembro de 2015. Nova York: Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/agenda-2030/>. Acesso em: 03 dez. 2025.

NASCIMENTO, Matheus Gonçalves. **Abordagens do Ensino de Química Verde do Brasil: Um Mapeamento da Produção Acadêmica Stricto Sensu**. 2025.119 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidades Estadual de Ponta Grossa- UEPG. 2025.

NETTO, Carla; GUIDOTTI, Viviane; SANTOS, Pricila Kohls. A evasão na EaD: investigando causas, propondo estratégias. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, 2010. Disponível em: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/865>. Acesso em: 02 jan. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, 1972. In: **Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano**. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>. Acesso em: 13 set. 2023.

PIMENTA, Selma Garrido. Formação de professores: saberes da docência e identidade do professor. **Rev. Fac. Educ.** São Paulo , v. 22, n. 2, p. 72-89, 1996. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-25551996000200004&lng=pt&nrm=iso. Acesso: em 29 maio 2024.

PIMENTA, Selma Garrido. Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

PITANGA, Ângelo Francklin. A Inserção das Questões Ambientais no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe. Tese de Mestrado. **Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão (SE), Agosto de 2015. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/4587>. Acesso em: 13 Jan. 2023.

PITANGA, Angelo Franklin. Crise da Modernidade, Educação Ambiental, Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação em Química Verde: (Re)Pensando Paradigmas. **Revista Ensaio**, v.18, n. 3, p.141-159, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eped/a/5vvN5SkZ75sDHwRBw8G63sP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP). **Specialized Manual on Green and Sustainable Chemistry Education and Learning: Advancing Green and Sustainable Chemistry Education and Learning in All Segments of Society**. Nairobi: UNEP, dez. 2023.

ROLDÃO, Maria do Céu. Função Docente: Natureza e Construção do Conhecimento Profissional. **Revista Brasileira de Educação**, v.12, n. 34, 94–103, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-2478200700010000>. Acesso em: 15 Mai. 2023.

SANDRI, Marilei Casturina Mendes. Contribuições da inserção do enfoque CTSA e da Química Verde na Formação de Licenciandos em Química. Tese doutorado. **Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá**. Maringá, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3715123. Acesso em: 23 nov. 2023.

SANDRI, Marilei Casturina Mendes; DIAS, Erica; MARCELINO, Leonardo; FONSECA, Eril ; MARQUES, Carlos Alberto. Panorama sobre produções voltadas ao Ensino de Química Verde no Brasil: incursões metodológicas. **XXI Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ**. Disponível em: <https://www.even3.com.br/xxieneq2022/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SANDRI, Marilei Casturina Mendes; SANTIN FILHO, Ourides. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. **Educ. quím, Ciudad de México** , v. 30, n. 4, p. 34-46, 2019. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000400034&lng=es&nrm=iso. Acesso em 06 jun. 2023.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007. Acesso em 18 mar. 2024.

SAVIANI, Dermeval. A pedagogia no Brasil: história e teoria. Campinas: Autores Associados, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. 265 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002263232>. Acesso em: 8 maio 2025.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 1997.

SEMESP - Sindicato das Entidades Mantenedoras de Estabelecimentos de Ensino Superior no Estado de São Paulo. **Mapa do Ensino Superior no Brasil: 2022**. São Paulo: Semesp, 2022. Disponível em: <https://www.semesp.org.br>. Acesso em: 02 abr. 2025.

SHULMAN, Lee. **Those Who Undersrtand: Knoledge Growth in Teaching**. Educacional Researcher, v.15, n.2, p.4-14, 1986.

SHULMAN, Lee. **Knowledge and teaching: Foundations of the new reform.** Harvard Educational Review, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SILVA, Geovani Aristeu Lima. ALMEIDA, Queli Aparecida Rodrigues de. GOMES, Suelen Stutuz. CONCEIÇÃO GOMES, Thainá Nascimento da. AVERSA, Thiago Muza. Inserção da Química Verde no Ensino Visando uma Sociedade mais Sustentável. **ReSBEnQ**. v. 4 n. 1. 2023. Disponível: <https://doi.org/10.56117/resbenq.2023.v4.e042301>. Acesso em 22 dez. 2024.

SILVA JUNIOR, Carlos Alberto Da. **Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável (TPQVS) como Recurso Didático e Interdisciplinar: Desafios e Contribuições na Compreensão sobre e para a Química Verde no Ensino Médio.** 2024. 159 f. Tese (Doutorado em Ensino). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2024.

SJÖSTRÖM, Jesper; TALANQUER, Vicente. Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problemization. **Journal of Chemical Education**. v. 91, p. 1125-1131, 2014. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed5000718>. Acesso em: 8 maio 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Boletim Eletrônico da SBQ. São Paulo: SBQ, [s. d.]. Disponível em: <https://boletim.s bq.org.br>. Acesso em: 21 out. 2025.

SOUZA, José Clécio Silva de; SANTOS, Décio Oliveira dos. A construção da identidade docente na escola. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, nº 23, 21 de junho de 2022. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/22/23/a-construcao-da-identidade-docente-na-escola>. Acesso em: 11 ag. 2024.

TARDIF, Maurice. Saberes docentes e formação profissional. 17. ed. **Petrópolis: Vozes**, 2014

VAZ, Carlos Renato Strombeck. JUNIOR, Gildo Giroto. PASTRE, Julio Cezar. A adoção da química verde no ensino superior brasileiro. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas/SP, Brasil. **Quim. Nova**, Vol. 47, No. 3, e-20230117, 1-10, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3jTb5WnmJ3xRWG9TW5yTjQk/?lang=pt>. Acesso em: 2 jan. 2026.

VIEIRA, Mariland Maria mMscarello; ARAÚJO, Maria Cristina. Os estudos de Shulman sobre formação e profissionalização docente nas produções acadêmicas brasileiras. **Cadernos de Educação**, n. 53, 14 ago. 2016. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/364199392/3-Os-Estudos-de-Shulman-Sobre-Formacao-e-Profissionalizacao-Docente-Nas-Prod-Acad-Bras>. Acesso em: 07 set. 2023.

VYGOTSKY, Lev Semionovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

APÊNDICE A – CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DE CONTEÚDO (*PCK*) EM QUÍMICA VERDE E ENSINO DE QUÍMICA



Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (*PCK*) em Química Verde e Ensino de Química

Pedagogical Content Knowledge (*PCK*) in Green Chemistry and Chemistry Teaching

Renata Cristina Pereira Lobo

Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
renatacplobo@gmail.com

Marilei Casturina Mendes Sandri

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG
mari.mendes11@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão sistemática da literatura sobre produções brasileiras fundamentadas no Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (*PCK*) e na Química Verde (QV) e consequentemente no ensino de química, com a finalidade de verificar se e como o *PCK* em QV tem sido estudado no Brasil. A pesquisa foi realizada em 4 plataformas online: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD, o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes – CTDC, o Portal de Periódicos Capes/MEC – PPCM e o *Web Of Science* através da PPCM. Por meio dos critérios adotados foram encontrados 66 trabalhos referente aos objetos da pesquisa: Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (*PCK*) em Química e o objeto de pesquisa precípua Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química Verde. Este levantamento das publicações sobre a temática foram de grande relevância, pois demonstraram como o *PCK* em Química, mesmo que discretamente, vem sendo objeto de estudo dentro das instituições, no entanto, o *PCK* em QV tem sido pouco ou quase nada explorado.

Palavras-chave: Ensino de química verde, revisão sistemática, *PCK*

Abstract

This work aims to present a systematic review of the literature on Brazilian productions based on Pedagogical Content Knowledge (*PCK*) and Green Chemistry (QV) and



consequently on chemistry teaching, with the purpose of verifying whether and how PCK in QV has been studied in Brazil. The research was carried out on 4 online platforms: Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations – BDTD, the Capes Theses and Dissertations Catalog – CTDC, the Capes/MEC Periodicals Portal – PPCM and the Web Of Science through PPCM. Through the adopted criteria, 66 works were found relating to the research objects: Pedagogical Content Knowledge (PCK) in Chemistry and the main research object Pedagogical Content Knowledge in Green Chemistry. This survey of publications on the subject was of great relevance, as it demonstrated how PCK in Chemistry, even if discreetly, has been the object of study within institutions, however, PCK in QV has been little or almost not explored at all.

Key words: Teaching green chemistry, systematic review, PCK

Introdução

A revisão de literatura é uma forma de exortar a produção de pesquisas científicas, possibilitando o pesquisador fazer um levantamento da literatura científica já existente, o que contribui para a construção/reconstrução de pensamentos e saberes sobre a temática a qual se pretende explorar, promovendo assim maior credibilidade aos trabalhos. A revisão de literatura serve para desenvolver a base teórica de sustentação do trabalho, onde se reúne informações documentais de diferentes autores sobre determinado tema, conseguidas através de leituras e de pesquisas (Brizola; Fantin, 2017).

Para a condução do presente trabalho escolheu-se, dentre as diferentes classificações de revisão de literatura, a Revisão Sistemática (RS). Sob o ponto de vista de Rother (2007) os trabalhos de RS, são considerados trabalhos originais devido sua fonte de dados basear-se na literatura sobre um tema específico e por serem elaborados com rigor metodológico. Para a realização da RS foram considerados dois objetos de estudo, o Primeiro foi o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química Verde e o segundo o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química ou ensino de química.

O *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* ou Conhecimento Pedagógico de Conteúdo foi referido primordialmente por Shulman (1986) para descrever o conhecimento que distingue um professor de um especialista da matéria, ou seja, o *PCK* é específico em relação a um determinado conteúdo, tal especificidade é a essência da ideia original de Shulman. O *PCK* recebe diferentes interpretações e descrições na literatura, mas existe um pensamento comum entre estudiosos da área de que este conhecimento se desenvolve ao longo da formação dos professores e no contexto de sua prática docente.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi realizar um levantamento das pesquisas nacionais sobre o *PCK* em QV a fim de compreender como e se a temática tem sido abordada no âmbito acadêmico. Considerando que a QV é um conhecimento



relativamente novo na ciência química, averiguar como o *PCK* acerca da QV vem se desenvolvendo entre acadêmicos e professores formadores justifica a RS. Promover um pensar da QV como um paradigma orientador dentro do ensino químico atento aos problemas ambientais, possibilita aos futuros profissionais uma formação que vai além das questões puramente químicas mas para uma formação cidadã (Pitanga, 2015).

Fundamentação teórica

No campo científico é imprescindível a realização de pesquisas de levantamento de temáticas específicas, analisando o que já foi abordado por outros pesquisadores, ou seja, por uma comunidade que compartilhe determinada linha de pensamento, com o propósito de embasamento do objeto de estudo dentro de um contexto coletivo de ideias e informações. Concepção esta fomentada por Ludwik Fleck em sua obra “Gênese e desenvolvimento de um fato científico: introdução à doutrina do estilo de pensamento e do coletivo de pensamento”, onde ele define “coletivo de pensamento” como “a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos” (Fleck, 2010).

Uma das formas utilizadas para fazer uma revisão de literatura legítima é a Revisão Sistemática. Segundo Galvão (2020) o foco da RS está em seu caráter de reprodutibilidade por outros pesquisadores com informações minuciosas sobre a condução da pesquisa como: quais bases de dados foram consultadas e as estratégias empregadas; o processo de seleção dos trabalhos científicos; critérios de inclusão e exclusão e o processo de análise de cada artigo. O que salienta a importância de se fazer um levantamento bibliográfico da literatura baseado em metodologias e fontes científicas confiáveis para que o trabalho produzido tenha credibilidade, seriedade e ineditismo.

A RS acerca do *PCK* em química vem sendo abordado, mesmo que de uma forma mais tímida em pesquisas sobre o ensino de conteúdo dentro da química. Menezes e Farias (2022) fazem uma revisão sistemática da literatura sobre publicações no campo do *PCK* em pesquisas brasileiras relacionadas ao ensino da química e salientam, dentro de suas conclusões, a importância de se realizar estudos ambientados em formação continuada de professores, levando em consideração a importância do conhecimento que um professor precisa para ensinar um assunto de forma eficaz, sendo este o intuito do *PCK*.

Na concepção primordial de Lee Shulman (1986), responsável pelo construto, o *PCK* é aquele conhecimento que ultrapassa o conhecimento do conteúdo propriamente dito, entrando na dimensão do conhecimento que envolve a forma de como ensinar determinado conteúdo. Isto implica na capacidade que o professor possui de construir, a partir do conhecimento do conteúdo específico, maneiras de organização metodológicas e didáticas que ao serem apresentadas aos alunos sejam capazes de propiciar a construção daquele conhecimento. Esta definição chamou a atenção de vários estudiosos na área do



trabalho docente, daí muitas pesquisas foram e estão sendo realizadas nesta vertente, inclusive na produção de modelos que sistematizam o *PCK*.

Diante da notoriedade que o *PCK* possui em pesquisas sobre a base de conhecimento de professores, investigar como o *PCK* acerca da QV tem sido estudado no Brasil torna-se relevante para área da ciência química, principalmente agora, onde a busca por um modelo civilizatório mais sustentável é imperante no momento atual do planeta, principalmente na produção do conhecimento científico e tecnológico. Nos cursos de Química, tanto na licenciatura como no bacharelado, este quesito de sustentabilidade é muito pouco abordado, e quando mencionado apresenta um viés muito maior para a remediação dos problemas gerados pela química convencional do que uma solução.

Dentro deste contexto surge a QV como uma forma de incorporar mais sustentabilidade a seus processos (Gomes, 2014). A QV foi um movimento que teve um maior destaque nos anos 90, principalmente nos Estados Unidos, na Inglaterra e na Itália, que pode ser definida como o desenvolvimento e a implementação de produtos químicos e processos que reduzam os riscos à saúde humana e ao ambiente (Leardão et al., 2003). Em 1998 John Warner e Paul Anastas apresentaram os 12 princípios da QV no livro: *Green Chemistry: Theory and Practice*. Estes princípios dizem respeito a priorizar a eficiência nos processos químicos, valorizando substâncias químicas menos nocivas aos seres humanos e ao meio natural (Anastas; Warner, 1998).

Considerando que o tema abordado é *PCK* em QV é importante salientar que abordagem da QV entra como uma boa proposta para tratar do ensino de química para a sustentabilidade, já que trata-se de um ramo da química que busca diminuir ou eliminar o uso de substâncias que promovam danos à saúde e ao meio ambiente (Anastas; Warner, 1998). Na compreensão de Roloff e Marques (2018) essa mudança de postura denota um novo pensar e praticar a química, podendo ajudar a reforçar seus compromissos na busca pela sustentabilidade ambiental,

Metodologia

O intuito primordial da pesquisa foi realizar um levantamento sobre publicações de trabalhos sobre *PCK* em QV no Brasil, no entanto, em uma busca prévia utilizando os *strings* de busca "*PCK*" e "Química Verde" e suas possíveis combinações, considerando apenas publicações nacionais, não obteve-se resultados consideráveis. Portanto, duas estratégias foram utilizadas: a primeira foi realizar uma busca sobre o *PCK* em química e a segunda foi fazer uma busca na plataforma online *Web Of Science*. Os critérios de inclusão e exclusão foram organizados de acordo com as plataformas eletrônicas em que foram publicados, considerando o período entre o ano de 2010 à 2022.

A abordagem metodológica empregada, considerando os objetos de pesquisa propostos para essa investigação, é de natureza quantitativa, pois tem por finalidade quantificar o número de trabalhos produzidos e ver a dimensão em que se encontra os estudos na área.



A RS foi baseada na *Cornell University Library* (2018). O quadro abaixo apresenta os detalhes de cada passo.

Quadro 1: Passos da metodologia empregada

Objeto da Pesquisa	O objeto da pesquisa precipuo foi o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química Verde, e como objeto de pesquisa secundário o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química.
Crítérios de inclusão exclusão	Crítério de inclusão – trabalhos publicados na língua portuguesa; trabalhos com foco na temática <i>PCK</i> de professores da química e de QV. Uma observação deve ser referida neste tópico, apesar da pesquisa ser baseada em produções nacionais, foi realizada uma busca na plataforma <i>Web Of Science</i> para verificar se continham trabalhos com o objeto o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo e Química Verde e com o objeto de pesquisa secundário Conhecimento Pedagógico de Conteúdo e Química. Crítérios de exclusão – Duplicidade na base de dados; trabalhos indisponíveis na íntegra e que não tenham relação com a química.
Pesquisa de Teses, dissertações e artigos	A revisão sistemática da literatura foi realizada no final do segundo semestre de 2022, considerando um recorte temporal de 12 anos, ou seja, todos os trabalhos publicados a partir do ano de 2010 até 2022. As plataformas eletrônicas pesquisadas foram: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (CTDC), Portal de Periódicos Capes/MEC (PPCM) e <i>Web Of Science</i> . Todas estas plataformas são consideradas referência em integridade e veracidade em pesquisas científicas.
Seleção de estudos relevante para inclusão com base em critérios pré-definidos	Identificar e avaliar os trabalhos que foram publicados com o objeto da pesquisa precipuo que foi o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química Verde. Em um segundo momento verificar trabalhos publicados com o objeto de estudo Conhecimento Pedagógico de Conteúdo em Química.
Dados dos estudos considerados relevantes	Identificar os trabalhos de acordo com a temática fazendo uma triagem, respeitando os critérios de seleção entre teses, dissertações e artigos de acordo com a plataforma online que foram publicados.
Apresentação dos resultados da análise quantitativa dos trabalhos encontrados	Identificar e quantificar trabalhos que foram encontrados em cada plataforma online de pesquisa. Com o intuito de averiguar se a temática tem sido objeto de estudo dentro das universidades brasileiras.

Fonte: Autor

Resultados e discussão

Com a revisão sistemática da literatura foram encontrados alguns trabalhos, considerando teses, dissertações e artigos, relacionados a Química e ao *PCK*, e apenas dois artigos que se fundamentam no Conhecimento Pedagógico de Conteúdo e Química Verde que é o



objeto principal da pesquisa.

O quadro a seguir apresenta um resumo geral, de forma simplificada, dos resultados de busca dos trabalhos encontrados nas plataformas eletrônicas pesquisadas.

Quadro 2: Trabalhos nacionais sobre *PCK* e química

Base de Dados e termos de busca	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD. Termos de busca: “(todos os campos: PCK e Química)” Catálogo de Teses e Dissertações da Capes – CTDC. Termos de busca: “Química” and “PCK” or “Conhecimento Pedagógico de Conteúdo” Portal de Periódicos Capes/MEC – PPCM. Termos busca: “Química” “PCK” Web Of Science através da PPCAPES. Termos de busca: PCK (topic) and Chemistry (all fields)
Quantitativo de trabalhos encontrados nas bases	BDTD - 31 trabalhos CTDC - 34 trabalhos PPCM - 60 trabalhos Web Of Science - 221 trabalhos
CrITÉRIOS de exclusão	Duplicidade na base de dados; trabalhos indisponíveis na íntegra e que não tenham relação com a química e com PCK.
Trabalhos Selecionados após critérios estabelecidos	BDTD - 16 trabalhos CTDC - 7 trabalhos PPCM - 9 trabalhos Web Of Science - 34 trabalhos
Total de Trabalhos	66

Fonte: Autor

Na plataforma online BDTD, foram encontrados um total de 31 trabalhos. Após aplicar os critérios de exclusão a quantidade de trabalhos caiu para 16, sendo 9 dissertações e 7 teses. Dentre estes 16 trabalhos, 12 foram defendidos na Universidade de São Paulo (USP) e todas estas teses e dissertações tiveram como orientadora a Professora Carmen Fernandez, que é doutora em Química pela Universidade de São Paulo. Ela é Coordenadora do grupo PEQuim (Pesquisa em Ensino de Química) que tem por interesse de pesquisa principal o professor de química e entre suas linhas de pesquisa está o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo e formação de professores em química, o que explica a quantidade significativa de trabalhos orientados por ela com o enfoque no *PCK* em química.



No CTDC, plataforma destinada somente a teses e dissertações, foram encontrados um total de 7 trabalhos, sendo 2 teses e 5 dissertações. Quando comparadas as buscas realizadas nas duas plataformas eletrônicas BDTD e CTDC, foram encontrados 16 trabalhos em comum, ou seja, todos os trabalhos obtidos na plataforma da BDTD estavam presentes na CTDC. Esta plataforma apresenta certa dificuldade para estabelecer os filtros e em utilizar uma busca avançada, por isto foram selecionados todos os trabalho que continham as palavras *PCK* e Química, com um resultado total de 221 trabalhos, e dentro destes que foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão estipulados.

O PPCM foi a única plataforma onde foram encontrados trabalhos relacionados diretamente ao objeto da pesquisa: Conhecimento Pedagógico de Conteúdo e Química Verde. O resultado da busca nesta plataforma foram encontrados de 60 artigos, após os critérios de seleção restaram apenas 9, sendo que em 6 deles com a mesma autora Carmen Fernandez, já mencionada nas descrição dos quadros da BDTD e CTDC, com outros diferentes autores.

Em apenas 2 artigos foram encontrados os objetos de pesquisa *PCK* e QV. O primeiro artigo foi publicado no ano de 2013 “Aspectos do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Química Verde em Professores Universitários de Química” (Luciane Fernandes de Goes, Sérgio Henrique Leal, Paola Cono e Carmen Fernandez). Este busca documentar o *PCK* em QV dos professores universitários do Instituto de Química da Universidade de São Paulo – USP, atuantes em diferentes disciplinas nos curso de graduação em química. O intuito deste trabalho foi o de acessar características dos elementos que constituem o *PCK* de cada professor para assim obter um panorama coletivo dos professores das diferentes áreas da química

Para este artigo, Goes et.al. (2013) usa como sujeitos da pesquisa 26 professores formadores do Instituto de Química da USP, atuantes em diferentes disciplinas nos cursos de graduação em química, sendo elas: físico-química (5 professores), orgânica (5 professores), inorgânica (3 professores), analítica (10 professores) e bioquímica (3 professores). Para que fosse possível o acesso do *PCK* destes professores, os autores elaboraram um questionário com idéias específicas para o ensino de QV, de acordo com os elementos do *PCK* propostos pelo modelo da Grossman. Para a análise dos dados obtidos foram utilizados 3 modelos que se realcionavam com os itens do questionário. O modelo 1 era representado por uma abordagem tradicional e o modelo 2 por uma abordagem contextualizada, estes estavam mais realcionados com os aspectos de conteúdo; já o modelo 3, caracterizado por uma abordagem sócio científica, apresentava uma ênfase em aspectos relacionados a atitudes e valores. Sendo que para o componente “concepções dos propósitos para o ensinar o conteúdo de QV” foi adaptado o modelo de lidar com a QV no ensino da Burmeister, Rauch e Eilks (2012), onde discutem sobre o ensino de química e ensino de desenvolvimento sustentável.

Os resultados foram analisados de forma individual e coletiva em relação as visões dos professores. No caso da análise individual observou-se uma significativa variação de



concepções em relação aos diferentes cursos, evidenciando assim a importância do contexto. Dentre os resultados obtidos, alguns chamam mais atenção, no caso da química orgânica, que talvez devido a uma maior proximidade de seus conteúdos com os da QV, foram os professores desta área que apresentaram o *PCK* mais desenvolvido para o ensino de QV.

O segundo, artigo publicado em 2015. “Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: O caso dos professores universitários de química” da autora Diana Lineth Parga Lozano, teve por objetivo a análise de trabalhos publicados em dois eventos brasileiros de ensino e educação química (Simpósio Brasileiro de Educação Química - SIMPEQ e o Encontro Nacional de Ensino de Química - ENEQ), caracterizando o *PCK* dos professores da licenciatura em química ao ensinar QV.

Este trabalho foi baseado em uma análise documental dos anais de eventos nacionais de Ensino e Educação Química do Brasil, considerando duas fases no período para análise. Na primeira fase, foi realizado um levantamento dos trabalhos publicados nos dois eventos entre os anos de 2008 e 2014. Para facilitar a seleção de trabalhos a pesquisa foi organizada de acordo com as temáticas do ENEQ (concepções; ciência, tecnologia e sociedade; currículo e avaliação; educação ambiental; ensino e aprendizagem; ensino e cultura; experimentação no ensino; formação de professores; história, entre outros). Em seguida foi criada uma categoria de níveis de ensino: ensino fundamental (EF), ensino médio (EM), ensino superior (ES), ensino não formal (ENF) e outros (O). Os resultados desta fase referente as temáticas demonstraram ou que 25% do total de trabalhos publicados referem-se ao “ensino-aprendizagem”, em segundo lugar “formação de professores”, terceiro “experimentação” e por último “currículo e avaliação”. Quanto as categorias 72% de todos os trabalhos estão voltado para o ensino médio.

A segunda fase da análise foi feita de forma específica nos trabalhos do Ensino Superior (ES) que tivessem como sujeitos de pesquisa os professores universitários, considerando que o objetivo foi caracterizar, a partir dos componentes e critérios do *PCK* descritos no referencial, os saberes do professor de ES sobre a QV. Sendo que apenas um trabalho foi encontrado dentro da linha temática das concepções que caracterizavam as ideias sobre QV intitulado “Concepções de professores de química a respeito do ensino de química verde: uma investigação” e foi a partir deste único trabalho que realizou-se a análise dos saberes do professor universitário respeito da QV para o qual são usadas as categorias do *PCK*. Os resultados da Louzano (2015) com a quantidade de trabalhos publicados demonstram como a temática do *PCK* em QV evidencia um cenário ainda muito inexplorado em relação a estudos e pesquisas.

A *Web Of Science* foi a plataforma que obteve o maior número de trabalhos publicados com “*PCK*” e “Química”, no entanto, este levantamento foi feito somente para fins comparativos, sendo assim quando comparado com o número de artigos nacionais publicados na PPCM, a diferença é de 25 publicações a mais.



O gráfico abaixo faz uma comparação entre a quantidade de trabalhos publicados por ano, referente as plataformas PPCM e *Web Of Science*.

Figura 1: Gráfico - Quantidade de trabalhos publicados por ano nas plataformas PPCM e *Web Of Science*



Fonte: Autor

Analisando o gráfico pode-se observar que a plataforma *Web Of Science* teve um maior número de publicações quando comparada a plataforma PPCM. Nos anos de 2012, 2016, 2018, 2019 e 2020, na PPCM, não teve nenhuma publicação referente ao tema, já no ano de 2021 ocorreu o maior número de publicações na *Web Of Science*.

O levantamento das publicações dos últimos 12 anos nas plataformas *on line* demonstram a inexistência de trabalhos que investigam o PCK em QV, sendo encontrados apenas trabalhos relacionados ao PCK de áreas distintas da química. Resultados estes que ressaltam uma certa incipiência em relação ao ensino da QV de forma geral, o que enfatiza a importância de se ampliar seu ensino e as investigações sobre o PCK para ensiná-la.

Considerações finais

Esta revisão da literatura demonstrou que o PCK vem se desenvolvendo nas pesquisas brasileiras relacionadas ao Ensino de Química. Quanto ao PCK em QV não foram encontrados teses e nem dissertações com esta temática em nível nacional.

Os únicos artigos encontrados com os objetos “PCK” e “QV” foram da Goes, et. al. (2013) e o da Lozano (2015) que foram publicados há mais e uma década. A carência de pesquisas sobre os referidos temas acentua a necessidade e viabilidade de estudos sobre como a Química Verde tem sido abordada por professores e licenciandos, de acordo com seus Conhecimentos Pedagógico de Conteúdo em Química Verde,

A QV apresenta-se ainda como algo novo para a ciência química e seus princípios podem e devem estar ligados a todos os conteúdos da área da química. Os cursos de formação superior em química possuem papel importante dentro da comunidade acadêmica, no sentido de promover uma abordagem mais sustentável de se fazer ciência, capaz de reduzir



rejeitos e incentivar os futuros químicos a repensarem e projetarem suas ações. Diante disso, ao apontar a quase inexistência de estudos sobre o *PCK* e a *QV*, este estudo espera inspirar o surgimento de pesquisas que busquem aprofundar a compreensão sobre o conhecimento pedagógico de professores sobre a *QV* e seus reflexos em diferentes âmbitos de ensino.

Agradecimentos e apoios

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática – PPGECEM

Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

Referências

ANASTAS, Paul; WERNER, Jhon. **Green Chemistry: theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

BURMEISTER, Mareik.; RAUCH, Franz; EILKS, Ingo. Education for Sustainable Development (ESD). **Chem. Educ. Res. Pract.** 13, 59 DOI: 10.1039/C1RP90060A. 2012.

BRIZOLA, Jairo; FANTIN, Nadia. Revisão da Literatura e Revisão Sistemática da Literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos - RELVA**, [S. l.], v. 3, n. 2. DOI: 10.30681/relva.v3i2.1738. 2017

CORNELL UNIVERSITY LIBRARY, Ithaca, NYA. **Guide to Conducting Systematic Reviews: Steps in a Systematic Review**.

FLECK, Ludwik. **Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico: introdução à doutrina do estilo de pensamento e do coletivo de pensamento**. Editora Fabrefactum. Belo Horizonte, 2010.



GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **LOGEION: Filosofia da informação**, Rio de Janeiro, v. 6 n. 1, p.57-73, 2010.

GOES, Luciane Fernandes; LEAL, Sérgio Henrique; CONO, Paola ; FERNANDEZ, Carmen. Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. **Educación Química**, Ciudad de México, n. 26. p. 113-123. 2103.

GOMES, Vania. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 10, n. 21, 14 fev. 2014. Apud ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. Green Chemistry: theory and practice. New York: Oxford University Press, 1998.

LEARDÃO, Eder João; FREITAG, Rogério Antônio. DABDOUB, Miguel; BATISTA, Antônio C. Ferreira; SILVEIRA, Claudio da Cruz. "GREEN CHEMISTRY" – Os 12 Princípios da Química Verde e sua Inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003.

LOZANO, Diana Lineth Parga. Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: o caso dos professores universitários de química. **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología** - Tecné, Episteme y Didaxis, (38), 167-182. 2015.

MENEZES, Jean Michel; DE FARIAS, Sidilene. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e Ensino de Química: Uma Revisão da Literatura. **Revista Insignare Scientia** - RIS, v. 5, n. 1, p. 398-419, 16 mar. 2022.

PITANGA, Ângelo Francklin. **A Inserção das Questões Ambientais no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe**. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), Agosto de 2015.

ROLOFF, Franciani Becker; MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições de produções acadêmicas nacionais sobre Química Verde e seu ensino. Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v. 14, n. 32, p. 78-91, dez. 2018. ISSN



2317-5125.

ROTHER, Edna Teresinha. Revisão Sistemática x Revisão Narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. Acta paul. enferm., 2007 20(2), abr. 2007.

SHULMAN, Lee. Those Who Undesrtand: Knoledge Growth in Teaching. **Educacional Researcher**, v.15, n.2, p.4-14, 1986.

APÊNDICE B – EXPANDIDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DA DIMENSÃO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DA DIMENSÃO AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

EXPANDING THE GREEN CHEMISTRY APPROACH MODEL: THE INCLUSION OF THE "LEARNING ASSESSMENT" DIMENSION

EXPANDIENDO EL MODELO DE ABORDAJE DE LA QUÍMICA VERDE: LA INSERCIÓN DE LA DIMENSIÓN "EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE"

RENATA CRISTINA PRERIRA LOBO

Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa – PR.

renatacplobo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-00034217-8520>

MARILEI CASTURINA MENDES SANDRI

Doutorado em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá – PR. Professora Adjunta do Departamento de Química da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa - PR.

mcmsandri@uepg.br

<https://orcid.org/0000-0003-0076-5364>

LEILA INÊS FOMAN FREIRE

Doutorado em Ensino de Ciências (modalidade Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo – SP. Professora Adjunta do Departamento de Química da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa - PR

leilafreire@uepg.br

Recebido em: DD/MM/AAAA

Aceito em: DD/MM/AAAA
(Preenchido pela Comissão Editorial)

Publicado em: DD/MM/AAAA

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Resumo¹

A Química Verde (QV) não é apenas um tema emergente na educação em Química, mas uma necessidade intrínseca para o seu desenvolvimento e consolidação como um campo fundamental na busca por um ensino orientado para a sustentabilidade. A crescente preocupação com as questões ambientais e sociais exige uma nova abordagem pedagógica que prepare os alunos não apenas para a teoria e a prática laboratorial, mas para uma visão crítica do papel da Química na sociedade. Com base nos modelos de QV de Sandri e Santin Filho, o objetivo desta pesquisa foi complementar essa abordagem com a dimensão da Avaliação da Aprendizagem (AA). Analisamos propostas didáticas para identificar em quais modelos elas se encaixavam, e, ao fazer isso, pudemos verificar que a inclusão da AA foi uma contribuição eficaz para a melhoria da compreensão e aplicação desses modelos. Seis propostas didáticas de professores que participaram de um curso de extensão em QV foram analisadas para identificar o modelo que adotaram para incorporar a QV em suas aulas e para verificar de que forma a avaliação da aprendizagem se fez presente. Os resultados mostram que a maioria das propostas se enquadrou no Modelo 2. Todas as propostas apresentaram descritores dentro da dimensão da AA. Esses resultados indicam que os professores estão indo além da simples aplicação dos princípios básicos, adotando práticas contextualizadas, com possibilidades de evoluir para abordagens mais complexas e abrangentes, como proposto pelo Modelo 3. Além disso, os resultados atestam a relevância da AA para os modelos, pois a avaliação é essencial para determinar se o ensino foi realmente eficaz.

Palavras-chave: Química Verde; Ensino; Modelos de Ensino; Avaliação da Aprendizagem

Abstract

Green Chemistry is not merely an emerging topic in Chemistry education; it is an intrinsic necessity for the field's development and consolidation as a fundamental area in the pursuit of sustainability-oriented teaching. The growing concern with environmental and social issues demands a new pedagogical approach that prepares students not only for theoretical knowledge and laboratory practice but also for a critical view of Chemistry's role in society. Based on the GC models developed by Sandri and Santin Filho, the objective of this research was to complement this approach with the Learning Assessment (LA) dimension. We analyzed didactic proposals to identify which models they fit into, and, in doing so, we were able to confirm that the inclusion of LA was an effective contribution to improving the comprehension and application of these models. Six didactic proposals from teachers who participated in a GC extension course were analyzed to identify the model they adopted for incorporating GC into their classes and to verify the relevance of the LA dimension. The results show that the majority of the proposals fell within Model 2, demonstrating a more in-depth approach to GC, while only one proposal was classified within Model 1. Crucially, all the proposals presented descriptors within the LA dimension. These findings indicate that teachers are moving beyond the simple application of basic principles, adopting practices that are critical, contextualized, and oriented toward analysis, with the potential to evolve into more complex and comprehensive approaches, as proposed by Model 3. Furthermore, these discoveries attest to the relevance of LA to the models, as assessment is essential for determining whether the teaching was truly effective.

Keywords: Green Chemistry; Teaching; Teaching Models; Learning Assessment.

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Introdução

A Química não é apenas a ciência que estuda a matéria, ela é a base de processos industriais, da produção de plásticos, medicamentos, combustíveis, entre outros. Contudo, suas aplicações estão no centro de muitos dos desafios ambientais e sociais que enfrentamos hoje. Entender como a atividade química afeta o meio natural e os seres vivos é vital para formar cidadãos críticos. Ainda conforme continua (Rüntzel; Marques, 2022, p. 183).

Abordar os problemas socioambientais no Ensino de Ciências/Química significa, então, buscar compreender os fatores que determinam os limites biogeofísicos da natureza e a influência do modo de vida e de produção da sociedade capitalista nesses limites.

É nesse cenário de desafios sociais, econômicos e ambientais que se torna fundamental uma abordagem em Química mais segura, minimizando o uso e a geração de substâncias perigosas, priorizando a segurança operacional e contribuindo ativamente para soluções inovadoras e sustentáveis para a sociedade. Uma tendência crescente nas ciências químicas, com esse viés, é a Química Verde (QV).

A QV trata-se de uma filosofia de *design* que busca reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente. Essa abordagem foi formalizada em 1998 por Paul Anastas e John Warner no livro *Green Chemistry: Theory and Practice*. Segundo os autores a QV se fundamenta em 12 princípios para criar processos mais sustentáveis: 1 - prevenção; 2 - economia atômica; 3 - sínteses químicas menos perigosas; 4 - projeto de produtos químicos mais seguros; 5 - solventes e auxiliares mais seguros; 6 - projeto para eficiência energética; 7 - uso de fontes renováveis; 8 - reduzir derivados; 9 - catálise; 10 - projeto para degradação; 11 - análise em tempo real para prevenção da poluição; 12 - química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes.

Esses princípios transcendem a função de diretrizes, promovendo uma profunda mudança de paradigma na Química. Sua amplitude vai da otimização da eficiência atômica e do uso de solventes mais seguros à prevenção de acidentes e ao *design* de produtos que se degradam naturalmente. Ao garantir que a proteção ambiental seja integrada desde a concepção, os 12 princípios cumprem uma obrigação ética fundamental: contribuir para o desenvolvimento

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

e o bem-estar de todos os cidadãos, respeitando a natureza e as futuras gerações (Sousa *et al.* 2020). Para que essa mudança de paradigma se concretize, é essencial que o ensino de Química se torne uma força motriz, sendo redesenhado para a sustentabilidade, considerando que a educação tem o potencial de promover mudanças.

A QV, quando integrada ao ensino, oferece uma perspectiva que direciona os estudantes para uma mentalidade de responsabilidade socioambiental. No ensino básico, o foco se concentra na conscientização e na cidadania. Permite que os alunos conheçam a QV e, assim, desenvolvam a consciência de como a Química pode contribuir para a sustentabilidade, promovendo uma educação ambiental efetiva dentro da própria disciplina. Já no ensino superior, o foco se aprofunda na aplicação técnica e na inovação de processos. O objetivo é formar químicos capazes de integrar processos ambientalmente amigáveis em sua prática profissional. Para futuros professores, a meta é capacitá-los a desenvolver experimentos mais limpos e a transmitir uma visão de que a Química é uma ciência responsável e sustentável (Andrade e Zeidler, 2023; Marques *et al.* 2013).

Embora a introdução da QV no ensino de Química ainda seja incipiente no país, pesquisadores da área têm trabalhado ativamente para abordar as questões da QV no contexto educacional. Apesar dos avanços observados, a área ainda é vista como estando em fase de consolidação, demonstrando que a discussão sobre a necessidade de introduzir o tema no ensino brasileiro, embora antiga, continua extremamente relevante e merece maior atenção (Lenardão *et al.* 2003; Machado, 2011; Gomes, 2014; Sandri *et al.* 2022; Vaz, Girotto Junior e Pastre, 2024).

No entanto, a inserção da QV no contexto educacional gera preocupação entre os estudiosos da área. O problema, segundo Mendes (2018), é que não basta inseri-la como um componente curricular fragmentado. Essa abordagem superficial pode levar ao simplismo ou reducionismo na aplicação dos princípios da QV, minando seu potencial transformador. Marques e Machado (2014) ainda ressaltam que é preciso ter uma melhor compreensão das áreas da QV. Eles destacam que persistem dúvidas sobre a melhor forma de inserir a QV nos conteúdos e sobre como ela se organiza dentro da própria disciplina de Química. Nesse contexto, o ensino assume a responsabilidade de capacitar os futuros profissionais a integrar a

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

QV de forma orgânica e profunda dentro das atividades químicas, promovendo assim um ensino voltado para a sustentabilidade.

Em busca de orientar o ensino para a sustentabilidade, a literatura tem apresentado diversos modelos. Por exemplo, Burneister, Rauch e Eilks (2012) propuseram modelos básicos para incorporar o desenvolvimento sustentável no ensino de química nos níveis médio e superior. A partir dessa proposta, Goes *et al.* (2013) desenvolveram um modelo que o vincula ao Modelo da relação entre os domínios do conhecimento do professor (Grossman, 1990), onde o objetivo foi o de documentar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) em QV de professores universitários da área química.

Marcelino, Sjöström e Marques (2019) não propuseram um modelo específico de implementação curricular da QV, como os autores citados anteriormente. Em vez disso, eles desenvolveram um modelo de análise crítica das abordagens existentes no campo, criando uma estrutura para a inserção didática que prioriza o caráter social da QV. Essa preocupação com a avaliação e o aprofundamento crítico também se manifesta no trabalho de Andrade e Zeidler (2023), que criaram uma ferramenta de análise qualitativa focada na avaliação da experimentação denominado "Dimensões Formativas para a Educação em Química Verde e Sustentável". Esse modelo visa garantir que as práticas laboratoriais sejam de fato reflexivas, alinhadas às perspectivas da QV e da Química Sustentável.

Para Sandri e Santin Filho (2019), a forma de abordagem da QV, quando inserida no currículo e na didática no ensino, pode tanto pender para um viés técnico/instrumental quanto para um viés crítico. Sendo que uma abordagem não desqualifica a outra, podendo dialogar e rever-se continuamente. Pensando nessas abordagens, os autores propuseram os "Modelos de Abordagem da QV no Ensino de Química", as quais constituem uma referência valiosa para a implementação da QV no ensino de Química.

Os modelos correspondem a três níveis de abordagem da QV, partindo do mais simples para o mais abrangente. Sendo que o Modelo 1 prioriza integralmente a abordagem técnico-instrumental; o Modelo 2 já inclui uma visão mais crítica; e o Modelo 3 a proposta é totalmente crítica, sendo que "[...] todos os modelos possuem vantagens para tornar o ensino de química,

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

e da QV em especial, conectado com os objetivos mais amplos da educação” (Sandri e Santin Filho, p.39, 2019).

Esses modelos se distinguem por quatro dimensões: a Abordagem Didática (AD) refere-se a metodologia e atividades em sala de aula; a Postura do Professor (PP) que passa de transmissor a facilitador; o Momento e a Frequência Abordagem (MFA), refere-se à quando e com que regularidade o tema é tratado no currículo; e os objetivos educacionais (OE), referente à intencionalidade para a qual a QV é ensinada. De acordo com os autores “essa organização facilita a análise de propostas didáticas”.

Diante disso, este trabalho teve o objetivo de complementar os modelos propostos por Sandri e Santin Filho (2019) com a dimensão de Avaliação da Aprendizagem (AA), a fim de avaliar propostas didáticas elaboradas por participantes de um curso de extensão sobre QV. A inserção da dimensão AA se deu por considerá-la essencial no processo de ensino-aprendizagem, por sua capacidade de gerar diagnósticos, oferecer *feedback* e permitir ajustes que ajudam a verificar se os objetivos da abordagem de QV foram efetivamente alcançados.

Conforme Loch (2000) a avaliação é uma atividade humana, ou seja, a partir da avaliação das nossas experiências, em um processo consciente e dialógico podemos nos reconstruir. No ensino a avaliação deveria ter essa mesma finalidade, ajudar a analisar, rever e reconstruir os caminhos em direção a um ensino eficaz e a uma aprendizagem significativa.

Entretanto, embora se reconheça a importância da avaliação e tenha-se em conta que as formas pelas quais esta vem sendo praticada no ambiente escolar seja deficitária, o tema da avaliação ainda é um ponto delicado nas discussões escolares e institucionais e talvez esse seja um dos aspectos que resultam na resistência em mudar as formas como vem sendo empregada no ambiente escolar.

Maceno e Guimarães (2013) em um estudo realizado com professores de Química da rede estadual constataram que esses possuem concepções tradicionais ou simplistas sobre a avaliação e que esta, com frequência, associada a concepções de ensino também tradicionais. Esse alinhamento da avaliação com um ensino mais tradicional (pedagogia positivista), é descrito pelas Diretrizes Curriculares de Química (Paraná, 2008) como:

No modelo tradicional e positivista de ensino, a avaliação é tão somente classificatória, caracterizada pela presença de alunos passivos, submetidos às

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

provas escritas... (onde) o professor verifica o grau de memorização de suas explicações pelo aluno. Por sua vez, aos alunos, restaria acertar exatamente a resposta esperada, única e absoluta.

De fato, se pensarmos o ensino, sob a perspectiva da epistemologia empirista e da pedagogia positivista, segundo a qual o professor detém o conhecimento e o repassa a seus alunos na forma de um conteúdo a ser internalizado através dos sentidos, a avaliação passa a ser cabal, através da qual o professor verifica, e quantifica junto aos alunos quanto os mesmos “absorveram” do conteúdo ministrado.

No entanto, quando defendemos a superação dessa visão positivista, não estamos, de forma alguma, condenando as avaliações formais e individuais. Pelo contrário, conforme estabelecem os PCN (Brasil, 1999):

As avaliações realizadas em provas, trabalhos ou por outros instrumentos, no decorrer dos semestres ou em seu final, individuais ou em grupo, são essenciais para obter um balanço periódico do aprendizado dos alunos, e também têm o sentido de administrar sua progressão. Elas não substituem as outras modalidades contínuas de avaliação, mas as complementam.

Contudo, se pensamos a educação sob o foco construtivista (pedagogias construtivistas e progressistas), no qual aprender faz parte de um processo e no qual reconhece-se a existência e a importância dos conhecimentos prévios dos alunos para avançar em direção aos conhecimentos científicos, o qual não é estanque em si mesmo, mas faz parte de contextos maiores e diretamente aplicáveis e úteis ao desenvolvimento do aluno como ser individual e coletivo, temos que pensar a avaliação também como um processo.

Sob a ótica histórico-crítica de Saviani (2008), o autor reforça o papel da avaliação como um elemento fundamental no processo de formação social do indivíduo. Ele argumenta que ela deve ser encarada como uma “oportunidade de reflexão crítica” sobre o processo educacional, intrinsecamente ligada ao contexto social e histórico, e utilizada, sobretudo, para ajudar o estudante a realmente aprender.

Alinhada a essa visão de avaliação como reflexão crítica e instrumento de auxílio à aprendizagem é que justifica a adição da dimensão AA, na reestruturação dos Modelos de Abordagem da QV, a fim de verificar se a avaliação, integrada a esses modelos, demonstra-se

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

efetiva na análise das Propostas Didáticas (PD), em consonância com uma visão de reflexão crítica e auxílio à aprendizagem.

A metodologia da pesquisa se baseou na reestruturação dos Modelos de Abordagem da QV para posterior avaliação de 6 PD, elaboradas como atividade avaliativa em um curso de extensão. Dessa forma, nesse trabalho, além dessa introdução, discorre-se sobre o percurso metodológico da pesquisa, seguido da seção de discussões das propostas didáticas e da síntese acerca dos modelos predominantes. Por fim, apresenta-se as considerações finais que reúnem as principais contribuições deste estudo.

Aspectos Metodológicos

A análise desta pesquisa é de cunho qualitativo, esse tipo de investigação, por não se prender a números, permite a interpretação e a atribuição de significado aos fenômenos Lakatos e Marconi (2003).

Com a intenção de aprofundar a compreensão sobre os modelos de abordagem da QV no ensino de Química, o cerne da pesquisa consiste na análise de 6 PD, buscando identificar em quais dos três modelos teóricos elas se enquadram e averiguar a efetividade da inserção da dimensão AA.

A coleta dos dados para a pesquisa foi realizada a partir das PD elaboradas por docentes que participaram do Curso de Extensão “Introdução à Química Verde: princípios, métricas e ensino”, ofertado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), na modalidade EaD. A elaboração da PD consistia numa das tarefas do curso.

A orientação da atividade era de que o participante deveria planejar uma PD para a inserção da QV no ensino de química. Os participantes tiveram total liberdade para escolher o conteúdo químico a ser abordado, a metodologia de ensino e criação de atividades teóricas ou experimentais. Os participantes ainda podiam escolher para qual nível educacional a PD seria direcionada (médio, técnico ou superior).

Os participantes desta pesquisa foram seis docentes de química que aderiram voluntariamente ao estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

**EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

Todos possuíam licenciatura na área e haviam concluído integralmente o curso de extensão sobre QV.

Os participantes atuavam em diversos níveis de ensino, abrangendo desde o ensino médio até o superior. Em relação à sua formação acadêmica, a maioria estava em nível de pós-graduação, sendo: um mestrando, dois mestres, um doutorando, um doutor e um graduado.

A Tabela 1 apresenta, de forma sintetizada, as principais informações sobre as propostas didáticas. Para permitir a análise com segurança e garantir o anonimato dos participantes, os nomes foram substituídos por codinomes e/ou siglas representadas por suas propostas didáticas. As PD foram numeradas de 1 a 6, como descrito na Tabela.

Tabela 1 – Desenho das Propostas Didáticas

Propostas Didáticas	Nível de Ensino	Conteúdo/ Tema	Recursos Utilizados	Tipo de aula/ Metodologia
PD1	Ensino Médio	Reação de Saponificação	Ambiente Temático Virtual da Química Verde; Computador; Projektor multimídia; Ficha de Avaliação	Teórica/Explicação Dialogada
PD2	Ensino Médio	Combustíveis - Biodiesel	Lousa; Projektor multimídia; Artigos.	Teórica/Expositiva
PD3	Ensino Médio	Cinética Química (velocidade média, energia de ativação e complexo ativado)	Quadro negro; Giz.	Teórica- Experimental/Explicação Dialogada
PD4	Ensino Superior	Síntese do Salicilato de Metila	Lousa; Pincel atômico; Material impresso.	Experimental/Explicação Dialogada
PD5	Ensino Superior	Poluentes não-biológicos: Descarte Sustentável de Medicamentos com Princípios da Química Verde	Projektor multimídia; Quadro branco; Pincel.	Teórica/Expositiva Dialogada
PD6	Ensino Superior	Uso de Microrganismos na Recuperação de	Quadro negro Giz Projektor multimídia	Teórica/Expositiva

**EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

Solos
Contaminados

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir das Propostas Didáticas

As informações sobre as PD são essenciais para situar a análise, pois detalham o conteúdo, o nível de ensino e a metodologia de cada proposta. Esses dados oferecem indícios sobre a abordagem pedagógica adotada e podem revelar a forma em que a QV foi inserida em cada contexto.

Resultados e Discussões

A estrutura dos Modelos de Abordagem da QV no ensino de Química, proposta por Sandri e Santin Filho (2019), se apresenta como um instrumento orientador para a análise das propostas didáticas elaboradas pelos docentes. Contudo, em sua configuração original, o modelo não apresenta parâmetros para a avaliação da aprendizagem, aspecto importante para um ensino de QV que visa a reflexão e a crítica, e não apenas a mensuração. Por essa razão, neste trabalho, optou-se por inserir e desenvolver a dimensão “Avaliação da Aprendizagem”, a fim de garantir que o processo avaliativo seja formativo e esteja alinhado com os objetivos críticos da QV. Na Tabela 2, apresentamos os modelos originais, juntamente com a Dimensão “Avaliação da Aprendizagem (AA) proposta por esta pesquisa.

Tabela 2: Modelos de Abordagem da QV – inserção da dimensão Avaliação da Aprendizagem

MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
	Quanto a abordagem didática	
a) Adota princípios da QV na elaboração e aplicação de aulas experimentais;	a) Adota princípios da QV na elaboração e aplicação de aulas experimentais e teóricas;	a); b); c); d) -Idem ao Modelo 2;
b) Valoriza principalmente os princípios de redução de reagentes, gasto energético e gestão de resíduos, sem, contudo, avaliar sistematicamente a verduza química do experimento;	b) Busca avaliar sistematicamente a verduza química dos experimentos por meio de métricas holísticas, a fim de realizar melhores escolhas e proporcionar melhorias que atendam aos princípios da QV;	e) Fundamenta a prática da Química intrinsecamente segura, da prevenção e do gerenciamento de resíduos sobre o Princípio de Prevenção e o Paradigma Ecológico;
c) Preocupa-se em praticar uma		f) Considera e aborda o contexto histórico do qual emergiu a QV, interrelacionando a outros

**EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

Química segura; d) Preocupa-se com o gerenciamento de resíduos;	c) Envolve os alunos na discussão e na escolha de produtos, processos ou procedimentos com maior verduza química; d) Insere a análise quantitativa da verduza dos processos através do cálculo de métricas de massa como a Eficiência Atômica (EA), por exemplo, tanto nas aulas experimentais quanto teóricas; e) Instrui e incentiva os alunos a praticarem uma Química segura e o gerenciamento de resíduos; f) Contextualiza o conteúdo através da abordagem de tecnologias e produtos considerados verdes; g) Relaciona a QV ao Desenvolvimento Sustentável e/ou somente aos benefícios econômicos e ecológicos; h) Promove a conscientização dos alunos em relação às boas práticas químicas e suas implicações sociais e ambientais; i) Realiza abordagens esporádicas da QV e não necessariamente conexas aos conteúdos de aprendizagem, em disciplinas específicas ou na realização de projetos de curta e média duração.	movimentos de enfrentamento dos problemas socioambientais em face do desenvolvimento científico tecnológico; g) Aborda a QV de forma transversal aos conteúdos de aprendizagem e as disciplinas do currículo, numa perspectiva contextualizada considerando as relações CTSA e os aspectos éticos econômicos, políticos e culturais; h) Atrela a QV à Sustentabilidade Socioambiental com vistas a promover a Educação Ambiental e em última instância a Alfabetização Científica, que fundamenta a cidadania participativa na sociedade científico-tecnológica atual; i) Reconhece e aponta as limitações da QV e da Sustentabilidade apoiado na Lei Limite da Termodinâmica; j) Trabalha a QV sob a perspectiva de novos paradigmas e da ética nas atividades químicas.
Quanto à postura do professor		
a) Conhece seus princípios e os emprega em aulas laboratoriais; b) Menciona ou exemplifica algum princípio posto em prática ou algum benefício da QV em comparação com as práticas convencionais de Química; c) Pode apresentar posturas centralizadoras, pois este	a) É dialógico e disposto a envolver os alunos nos processos de análise e decisões referentes a QV; b) Estimula a pesquisa e a comunicação dos saberes dos alunos; c) Busca tornar os alunos conscientes da prática da QV e tornar esses princípios presentes	a) Possui um conhecimento específico e pedagógico que permite abertura à participação ampla dos alunos; b) Conhece e se dispõe a promover a contextualização por meio de situações que envolvem a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e Ambiente e problematiza as

**EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

modelo não exige a mudança de alinhamento pedagógico;	tanto nas aulas experimentais quanto teóricas.	relações da Química com cada uma dessas vertentes;
d) Não encaminha abordagens contextualizadas que envolvam a QV;	d) Promove contextualização crítica que permite aos alunos perceber as relações da Química com as questões sociais, ambientais e econômicas.	c) Assume uma abordagem interdisciplinar e está familiarizado com a dimensão crítica da QV e da Educação Ambiental;
e) Não envolve os alunos em discussões referentes a QV, somente os estimula a colocar em prática alguns de seus princípios.		d) Deve ter um pensamento sistêmico sobre os problemas socioambientais relacionados a Ciência e Tecnologia;
		e) Estimula a tomada de consciência e de decisão frente a problemas socioambientais ou socio científicos que envolvem conhecimentos químicos, e com isso favorece a participação social.
Quanto ao momento e a frequência da abordagem		
a) Atrela a QV prioritariamente à experimentação;	a) A QV é abordada nas aulas teóricas e experimentais;	a) A QV é abordada nas aulas teóricas e experimentais de forma transversal;
b) Realiza abordagens pontuais do tema QV, como em palestras, vídeos e minicursos, desvinculados dos conteúdos de aprendizagem.	b) A abordagem da QV faz parte dos conteúdos de aprendizagem (conceituais e/ou procedimentais).	b) A abordagem da QV é vinculada os conteúdos de aprendizagem (conceitual, procedimental e atitudinal).
Quanto aos objetivos educacionais		
a) Praticar a QV;	a) Inserir a QV no ensino de Química;	a) Estimular a prática consciente, intencional e crítica da QV;
b) Divulgar ou informar sobre a QV.	b) Melhorar a percepção social da Química por meio da QV	b) Promover a Educação Ambiental e a Educação para a Sustentabilidade Socioambiental.
Quanto a avaliação da aprendizagem		
a) Avaliar relatório produzido pós-experimento, avaliando o conceito e os princípios da QV envolvidos na prática.	a) Apresentar situação-problema para verificar se os alunos conseguem propor soluções sustentáveis para cenários reais da vida cotidiana.	a) Conduzir debates e argumentação científica, que permitam avaliar individualmente e coletivamente, as percepções e ideias dos alunos sobre a interconexão da QV com movimentos históricos, ética e novas perspectivas científicas.
b) Aplicar provas escritas conceituais relativas ao conceito e aos princípios da QV.	b) Desenvolver atividades investigativas, para avaliar se os alunos conseguem propor possibilidades de prover maior “verdura” em processo e/ou	b) Solicitar a produção de Mapas conceituais que auxiliem
c) Utilizar listas de exercícios e ou questionários que abordem os princípios da		

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

QV aplicados em aulas experimentais.	procedimentos dentro da química.	identificar a compreensão dos alunos sobre a organização das relações entre CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), sustentabilidade e alfabetização científica.
d) Realizar atividades de análises comparativas entre um procedimento químico tradicional e uma rota alternativa, que aplique algum dos princípios da QV.	c) Solicitar textos reflexivos sobre questões ambientais contemporâneas e sua relação com a QV. d) Utilizar ferramentas como diários de aprendizagem para avaliar o progresso do entendimento e engajamento com os princípios da QV;	c) Realizar Projetos interdisciplinares que integrem a QV com outras disciplinas do currículo, para analisar se os alunos conseguem trabalhar os conteúdos de forma transversal e contextualizada. d) Uso de portfólios reflexivos que permitam avaliar de forma progressiva os registros da compreensão dos alunos sobre a QV, e sua conexão aos paradigmas ecológicos e à sustentabilidade socioambiental. e) Avaliar a participação do aluno usando critérios como: argumentação, interação com os colegas, escuta ativa, iniciativa e proatividade.

Fonte: Adaptação do “Modelo de Abordagem da Química Verde no ensino de Química” de Sandri e Santin Filho (2019)

As propostas didáticas foram analisadas com base nos modelos dispostos no Quadro 2, utilizando os descritores (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) como referencial para identificar as evidências em sua estrutura organizacional. Esse procedimento permitiu inferir o grau de consistência com que cada proposta se alinha a um dos modelos de abordagem (1, 2 ou 3). Essa relação detalhada pode ser visualizada no Quadro 3.

Quadro 3 - Características dos Modelos de QV apresentadas nas Propostas Didáticas

	Modelo 1					Modelo 2					Modelo 3				
	AD	PP	MF	OE	AA	AD	PP	MF	OE	AA	AD	PP	MF	OE	AA
PD 1	c		A			b, c, f	a, b	a, b	a				A		e
PD 2	c	b				g, h	a, d		a						e

**EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

PD 3	a		a												e
PD 4	c	b			a	b, c, g	a, b	a, b	a						
PD 5	c, d				c	c, h	a, d		a					b	
PD 6						c, h	a, d		a	c					e

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir da análise das propostas didáticas

Para a compreensão aprofundada dos resultados do quadro anterior, as análises de cada PD serão descritas detalhadamente a seguir, focando nas evidências encontradas em cada dimensão: AD, PP, MFA, OE e AA.

1) Análise da dimensão Abordagem Didática (AD)

A AD foi a dimensão que apresentou o maior número de descritores no M1. Há uma predominância do descritor “c”, que se refere a uma preocupação em trabalhar os conteúdos de Química sob a perspectiva de segurança, proporcionada pela abordagem da QV. Como pode ser observado no exemplo do excerto retirado da introdução da aula:

(PD1, I, p.2, grifo próprio): *Para as práticas de produção de sabão, é possível pensar em uma ação mais verde?*

Outro descritor evidenciado no M1 foi o “a” na proposta da PD3. Este descritor representa uma abordagem dos princípios de QV na aplicação de aulas experimentais. A proposta da PD3 trabalhou o conteúdo cinética química, que foi uma aula experimental com um perfil tradicional, apesar de constar evidências do descritor “a” do M1, não foi efetivamente aplicado nenhum princípio da QV em seu experimento. No entanto, esse descritor aparece na reconciliação integradora apresentada em sua PD:

(PD3, RI, p.8, grifo próprio) *Solicitar aos alunos uma breve pesquisa sobre fatores que interferem na velocidade das reações (superfície de contato, catalisador, concentração dos reagentes) e relacionar a aplicação dos princípios da química verde[...]*

O descritor “d” também foi evidenciado na proposta da PD5. Este descritor refere-se à preocupação com o gerenciamento de resíduos. Neste caso a PD5 demonstrou uma preocupação em gerenciar os resíduos de medicamentos no momento 3 da Introdução da aula:

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

(PD5, I, p.1, grifo próprio) *Será apresentado métodos sustentáveis de descarte de medicamentos, como a devolução em farmácias, pontos de coleta específicos ou programas governamentais.*

No M2 o descritor “c” foi o que mais foi evidenciado dentro das propostas. Este descritor refere-se à participação dos alunos nas escolhas e em discussões de produtos e processos com maior verduza química. Um exemplo desse descritor está na introdução da aula da PD6, através de um questionamento:

(PD6, I, p. 2, grifo próprio) *Imaginem o solo como uma base essencial para nossa alimentação e recursos naturais. No entanto, ele frequentemente se depara com ameaças, como produtos químicos industriais, resíduos agrícolas e até mesmo metais pesados. O que podemos fazer para reverter essa situação?*

O descritor “h” do M2 apresentou evidências em mais de duas propostas. Esse descritor refere-se a conscientizar os alunos sobre as boas práticas químicas e suas consequências para a sociedade e o meio ambiente, como exemplifica o excerto retirado no final do desenvolvimento da aula na proposta:

(PD2, D, p.1, grifo próprio) *Pode-se juntamente nesse momento trazer aspectos econômicos sociais e industriais deste processo de utilização do biodiesel.*

Outro descritor do M2 evidenciado em duas propostas didáticas foi o “b”. Esse descritor refere-se a busca em avaliar sistematicamente a verduza química dos experimentos por meios de métricas holísticas, a fim de realizar melhores escolhas e proporcionar melhorias que atendam aos princípios da QV, como mostra o excerto retirado no desenvolvimento da aula na proposta da:

(PD1, D, p.2, grifo próprio) *Em seguida, será apresentada a opção **COMO FAZER SABÃO?** para avaliação da estrela verde do processo.*

Nesse caso ela usou o Ambiente Temático Virtual da Química Verde para analisar a “Verduza Química” do processo de saponificação. Esse ambiente é como um laboratório virtual, que permite o usuário aplicar os princípios de QV para processos mais seguros. O resultado das simulações gera uma representação gráfica chamada Estrela Verde. O preenchimento e as cores desta estrela indicam o grau de sustentabilidade ou “verduza” da rota de síntese escolhida, ajudando a identificar qual é a melhor opção do ponto de vista ambiental.

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

O descritor “g” também foi evidenciado em duas das propostas. Esse descritor relaciona a QV ao desenvolvimento sustentável e/ou somente aos benefícios econômicos e ecológicos. O exemplo desse descritor foi identificado na reconciliação integradora na proposta:

(PD4, RI, p.2, grifo próprio) *[...] averiguando seus conceitos sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável sob o enfoque da QV e demais princípios da QV presentes e ausentes nas atividades.*

E por fim o descritor “f” evidenciado na proposta da PD1, trata-se de contextualizar o conteúdo através da abordagem de tecnologias e produtos considerados verdes. O que a PD1 faz ao trabalhar dentro do ambiente virtual com os alunos do desenvolvimento da aula:

(PD1, D, p.3, grifo próprio) *[...] trabalharem na “experiência sem síntese” e, assim, avaliarem a construção da estrela verde.*

2) Análise da dimensão Postura do Professor (PP)

No tocante à PP, o descritor “b” do M1 se fez presente. Esse descritor diz respeito sobre o professor mencionar ou exemplificar algum princípio posto em prática ou algum benefício da QV em comparação com as práticas convencionais de Química. Como sugerido na aula proposta pela PD4, onde o professor apresenta uma comparação dos métodos de síntese orgânica do salicilato de metila entre a QV e o tradicional:

(PD4, D, p.2, grifo próprio) *O professor dará aos alunos/as o procedimento experimental com abordagem QV discutindo-o com a turma.*

Quanto ao M2 as evidências de descritores nessa dimensão também foram significativas, sendo que, quase todas as propostas apresentaram o descritor “a”. Esse descritor refere-se ao professor ser dialógico em suas aulas, envolvendo os alunos nos processos de análise e decisões referentes a QV. Essa situação é expressa na metodologia da proposta da PD1:

(PD1, M, p.5, grifo próprio) *A metodologia utilizada nesta aula será inicialmente de explanação dialogada, favorecendo a participação dos alunos e a vinculação dos conteúdos com situações de sua realidade cotidiana.*

O descritor “d” do M2, também foi evidenciado. Esse descritor refere-se ao professor promover uma contextualização crítica que permita aos alunos perceberem as relações da

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Química com as questões sociais, ambientais e econômicas. Tal postura do professor pode ser observada na reconciliação integradora da proposta:

(PD6, RI, p. 5, grifo próprio) *À medida que avançamos, incentivamos cada um de vocês a explorar mais, questionar e buscar soluções criativas para os problemas complexos que enfrentamos na agricultura e no meio ambiente. Juntos, podemos ser agentes de mudança, contribuindo para um mundo mais verde, mais limpo e mais sustentável.*

A postura da maioria desses professores, conforme a evidência dos descritores “a” e “d” do M2, os coloca como mediadores do conhecimento, não simples transmissores de conteúdo. As evidências mostram que eles valorizam a participação ativa dos alunos, criando um ambiente dialógico onde a química é conectada a QV. Ao fazer isso, eles incentivam o debate e o pensamento crítico, preparando os alunos para serem pensadores autônomos e participantes ativos na sociedade.

O descritor “b” também foi evidenciado dentro do M2 foi. Esse descritor refere-se sobre a conduta do professor de estimular a pesquisa e a comunicação dos saberes dos alunos, conforme identificado na proposta:

(PD4, RI, p.2, grifo próprio) *De posse dos resultados obtidos na segunda aula os discentes serão convidados a participar de um debate compartilhando suas percepções crítico-reflexivas sobre as atividades experimentais trabalhadas nas aulas [...]*

3) Análise da dimensão Momento e Frequência da Abordagem (MFA)

Quanto o M1 somente a PD3 apresentou evidência no descritor “a”, no entanto aparece mais como uma informação do que uma associação da QV na aula experimental que é demonstrativa, como descrito abaixo:

(PD3, RI, p.9, grifo próprio) *Nesse sentido, a química verde pode englobar conceitos da cinética química ao projetar reações que sejam mais eficientes em termos de consumo de reagentes e energia, além de minimizar a formação de subprodutos indesejados.*

Foram poucas as propostas didáticas que apresentaram descritores em comum dentro dessa dimensão. Dentro do M2 foi encontrada evidência do descritor “a” nas propostas da PD1 e PD4, ambas as propostas foram encontradas evidências de abordagem da QV, tanto na parte teórica quanto na experimental. O que pode ser observados nos excertos abaixo

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

(PD1, I, p.1, grifo próprio) [...] será lembrado o conteúdo da última aula, com atenção para os exemplos de reações de saponificação e de aulas anteriores, quanto à temática da química verde.

(PD4, I, p.1, grifo próprio) [...] será entregue aos alunos/as um questionário com o objetivo de coletar informações prévias sobre o nível de entendimento e conhecimento de conceitos de Química Verde (QV), seus princípios e relação com sustentabilidade e desenvolvimento sustentável nas práticas experimentais de química.

As propostas da PD1 e da PD4 também apresentaram evidências do descritor “b” do M2. Esse descritor diz respeito a abordagem da QV dentro dos conteúdos de aprendizagem:

(PD1, I, p.2, grifo próprio) [...] será lembrado o conteúdo da última aula, com atenção para os exemplos de reações de saponificação e de aulas anteriores, quanto à temática da química verde”

PD4: “O professor dará aos alunos/as o procedimento experimental com abordagem QV discutindo-o com a turma [...]”

4) Análise da dimensão Objetivos Educacionais (OE)

A análise dessa dimensão, constatou que quase todas as propostas apresentaram evidências em seus objetivos educacionais dentro do descritor “a” do M2, com exceção da proposta da PD3, foi a única que não inseriu a QV em seus objetivos.

O descritor “a” refere-se à inserção da QV no ensino de química. As evidências desse descritor nas propostas PD1, PD2, PD4, PD5 e PD6, podem ser visualizadas abaixo:

(PD1, OA, p.1, grifo próprio) Avaliar aspectos da química verde no processo de saponificação.

(PD2, OA, p.1, grifo próprio) Compreender as alternativas de produção de combustíveis mais verdes e relacionar sua importância dentro dos princípios da QV.

(PD4, AO, p. 1, grifo próprio) Comparação dos métodos de síntese orgânica do salicilato de metila entre a Química Verde (QV) e o “Tradicional” (T) no ensino e na aprendizagem de licenciandos em química.

(PD5, AO, p. 1, grifo próprio): Identificar os princípios da Química Verde e sua aplicação no contexto do descarte de medicamentos.

(PD6, AO, p. 1, grifo próprio) Identificar a Importância da Química Verde na temática da aula.

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Quase todas as propostas didáticas propuseram em seus objetivos educacionais a inserção da QV no ensino de conteúdos químicos e ou relacionados a química. O que revela uma tendência pedagógica forte e consciente em conectar o ensino de química com a QV para desenvolver o pensamento crítico e a consciência dentro da prática química voltada para a sustentabilidade.

A proposta da PD5 apresentou em seus objetivos educacionais evidências do descritor “b” do M3, que diz respeito a promover a educação ambiental e a educação para a sustentabilidade socioambiental:

(PD5, AO, p.1, grifo próprio) *Ensinar aos alunos sobre o descarte responsável de medicamentos, destacando os princípios da Química Verde para promover a sustentabilidade ambiental.*

O objetivo educacional da PD5 é uma aplicação clara da Educação Ambiental, usando a QV como base conceitual para resolver um problema prático (descarte de resíduos) que impacta diretamente a sustentabilidade ambiental.

5) Análise da dimensão Avaliação da Aprendizagem (AA)

A dimensão Avaliação da Aprendizagem foi incluída nesta pesquisa para aprimorar os Modelos de Abordagem da QV. Dada a sua importância no processo de ensino, é importante analisar como os professores a integram em suas propostas didáticas.

Todas as propostas apresentaram seus métodos avaliativos em algum dos Modelos (M1, M2, M3). As evidências dessa dimensão no M1 foram encontradas nos descritores “a” (PD4) e “c” (PD5).

A proposta da PD4 apresenta evidências do descritor “a” do M1. Esse descritor se refere a avaliação de relatório produzido após as práticas experimentais, muito utilizada no ensino tradicional da química:

(PD4, A, p.3, grifo próprio) *A avaliação da atividade ocorrerá por meio da participação dos discentes na aula, discussão dos resultados obtidos após os experimentos e a entrega de relatório final na aula subsequente.*

A proposta avaliativa da PD5 apresenta evidência no descritor “c” do M1. Esse descritor se refere a aplicação de questionários para avaliar práticas experimentais:

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

(PD5, A, p.3, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos no debate e realização das propostas solicitadas, e pela avaliação do questionário pós-aula.*

Quanto ao M2 foi encontrado evidência no descritor “c” na proposta do PD6. Esse descritor se refere a avaliação de textos reflexivos sobre questões ambientais contemporâneas e sua relação com a QV:

(PD6, A, p.8, grifo próprio) *Reflexão Final: Ao final do curso, será pedido aos alunos para escreverem uma reflexão sobre como a aula sobre biorremediação e química verde influenciou sua percepção sobre a agricultura sustentável e seu futuro papel como profissionais da agronomia. Esses instrumentos de avaliação proporcionam uma abordagem holística para verificar se os objetivos da aula foram alcançados, permitindo que sejam avaliados tanto a compreensão teórica quanto a capacidade prática e a aplicação dos conceitos pelos alunos.*

O M3 foi o modelo que mais apresentou descritores nessa dimensão. As evidências apareceram no descrito “e” de quatro propostas. Esse descritor refere-se a avaliar a participação do aluno usando critérios como: argumentação, interação com os colegas, escuta ativa, iniciativa e proatividade:

(PD1, A, p.5, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos e discussão sobre as conclusões de cada equipe. Os instrumentos serão a observação direta, os dados apresentados na ficha de avaliação e os argumentos levantados.*

(PD2, A, p.2, grifo próprio) *A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos e principalmente a sua compreensão dos assuntos abordados e relação entre as preocupações da QV com o meio ambiente, bem como o reconhecimento de funções orgânicas e processo de reação para a obtenção do biodiesel.*

(PD3, A, p.9, grifo próprio) *O procedimento avaliativo se dará pelo acompanhamento do processo de desenvolvimento individual e grupal ao longo do desenvolvimento das aulas. As colocações e os questionamentos feitos pelos alunos refletirão os níveis de compreensão destes para com os conteúdos abordados. Também serão avaliados pela reciprocidade nas aulas e pelo desempenho na resolução dos exercícios propostos.*

(PD6, A, p.7, grifo próprio) *Discussões em Grupo: Será organizada discussões em grupo onde os alunos podem debater os benefícios da biorremediação e química verde na agricultura sustentável. Peça-lhes para apresentarem argumentos apoiados por evidências da aula. Isso avaliará suas habilidades de comunicação e pensamento crítico.*

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Ao analisar as propostas, observamos um ponto significativo de inconsistência: embora a maioria das PD apresentem maior alinhamento com o M2, a AA é feita predominantemente sob a ótica do M3. Assim como foi o caso da PD3, só que nessa proposta, os elementos didáticos e a prática docente estavam alinhados ao M1, mas sua avaliação estava inserida no M3. Essa disparidade revela que os docentes baseiam a condução do ensino em modelos mais simples (como M1 e M2), mas no momento da avaliação, buscam parâmetros de desempenho de modelos mais elaborados e exigentes, que condizem com o M3.

Nas propostas da PD4 e PD5, observa-se o cenário oposto ao analisado anteriormente. Embora a abordagem predominante dessas propostas se alinhe ao M2, suas respectivas avaliações demonstram coerência com o M1. A PD4 apresenta uma inconsistência ainda mais acentuada, pois, apesar de sua avaliação se alinhar ao M1, seus objetivos educacionais estão situados no M3.

Essa incoerência observada entre as outras dimensões (AD, PP, MFA e OE) e a AA pode indicar que os docentes esperam obter, na avaliação, resultados de desempenho superiores ao que o desenvolvimento da PD foi capaz de oportunizar. O que enfatiza a importância de saber como trabalhar a AA dentro do ensino de forma coesa com a abordagem e os objetivos da aula. É crucial entender que a AA não é um fim em si mesma, ela é um componente orientador do processo de ensino, que deve informar e ajustar a prática docente (Lukes, 2011).

Contudo pode-se dizer que a maioria das propostas se equiparam ao M2. Esse modelo se destaca por apresentar uma abordagem da QV que ultrapassa a simples experimentação, integrando o tratamento teórico da Química. Além disso, o M2 promove ativamente a participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Esta conclusão alinha-se diretamente com os resultados de Nascimento (2025). A análise de teses e dissertações realizada pelo autor, que também utilizaram propostas didáticas, revelou que a maioria dessas propostas alcançou descritores M2. Nascimento salienta que tais abordagens indicam que a QV no ensino de Química não está mais restrita a uma perspectiva técnica, mas sim em transição para modelos críticos e reflexivos.

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Entretanto, este resultado contrasta com as análises conduzidas por Sandri e Santin Filho (2019). Na amostra de 8 propostas estudadas por eles, apenas 3 se enquadraram no M2. Essa diferença sugere uma evolução da QV dentro do ensino de Química, que parece estar transcendendo abordagens restritas a aulas experimentais e se direcionando para a integração com a teoria.

Considerações Finais

A presente pesquisa teve como o objetivo de complementar os Modelos de Abordagem da QV no Ensino de Química de Sandri e Santin Filho (2019), inserindo a dimensão da Avaliação da Aprendizagem (AA). A pesquisa buscou, então, analisar propostas didáticas para verificar se a inclusão dessa nova dimensão é eficaz e em quais modelos (1, 2 ou 3) as propostas se encaixam.

Foi possível identificar e classificar as propostas didáticas nos modelos propostos. A maioria das propostas se alinhou ao Modelo 2, indicando uma tendência dos docentes a adotarem abordagens mais aprofundadas e críticas da QV. Apenas uma proposta (PD3) se limitou ao Modelo 1, abrangendo apenas três das cinco dimensões. A predominância do M2, sugere que os professores, ao serem expostos à temática da QV em cursos de formação, tendem a ir além da simples prática experimental, buscando integrar a QV ao ensino, de forma mais significativa.

A dimensão de AA pode ser integrada de forma coerente aos Modelos de Abordagem da QV. Com base na análise das propostas didáticas, a avaliação da aprendizagem se manifesta de forma similar. Enquanto a PD1, PD2, PD4, PD5 e PD6 demonstram uma avaliação contínua e focada na participação e reflexão dos alunos sobre a QV, a PD3 contrasta por ser expositiva e conteudista, sem a abordagem significativa da QV. A análise das propostas didáticas confirmou a possibilidade de analisar a avaliação de forma alinhada ao modelo de aos modelos de abordagem da QV.

A inclusão da dimensão de AA se mostrou viável, por se tratar de uma dimensão muito importante na hora do professor refletir sobre a própria prática. Além de ajudar a verificar se os objetivos de aula foram alcançados. Todas as propostas apresentaram esta dimensão, sendo que

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

quatro delas se enquadram no M3, demonstraram uma tendência à avaliação formativa. Apesar dos distanciamentos ainda existentes entre o desenvolvimento das PD e a AA, é notável que as propostas que utilizaram o M3 demonstram uma clara tendência à avaliação formativa.

Diante disso, sugere-se que o distanciamento entre a PD e a AA seja melhor trabalhado e discutido com os professores. O simples conhecimento dos modelos de abordagem (M1, M2 e M3) já pode servir como um instrumento orientador importante para ajudar os docentes a alinhar de forma mais coesa suas práticas de ensino e seus métodos avaliativos.

Apesar dos avanços, o texto reafirma a ideia de que a inserção da QV no ensino de química no Brasil ainda está em fase de consolidação. Embora os docentes estejam adotando abordagens mais complexas (Modelo 2), ainda há um caminho a percorrer para que a QV seja integrada de forma transversal e crítica (Modelo 3), superando as dificuldades didáticas e curriculares mencionadas por Marques e Machado (2018).

Em suma, a pesquisa não apenas validou a inclusão de uma nova dimensão nos modelos teóricos, mas também ofereceu um diagnóstico claro sobre o estado atual da aplicação da QV no ensino, destacando a necessidade de fortalecer a formação de professores para que possam, de fato, transformar a teoria em uma prática pedagógica mais crítica e alinhada com os desafios do século XXI.

Referências

- ANASTAS, paul theodore; WERNER, john charles. **Green Chemistry: theory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998.
- ANDRADE, Rosivânia da Silva. ZEIDLER, Vânia Gomes Zuin. Formative Dimensions for Green and Sustainable Chemical Education: A Qualitative Evaluation Tool of the Formative Level of Experimental Processes. **Chem. Educ.** 2023, 100, 6, 2281–2291. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.3c00053>. Acesso em: 02 de set. 2025.
- BURMEISTER, Mareike; RAUCH, Franz; EILKS, Ingo. **Education for Sustainable Development (ESD)**. Chem. Educ. Res. Pract., v. 13, p. 59, 2012. DOI: 10.1039/C1RP90060A. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/rp/c1rp90060>. Acesso em: 22 ag. 2025.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. PCN+ Ensino Médio, 2002. Ministério da Educação. Disponível em

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 23 mai.2025.

GOES, Luciane Fernandes; LEAL, Sérgio Henrique; CONO, Paola; FERNANDEZ, Carmen. Aspectos do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Química Verde em Professores Universitários de Química. **Educación Química**, Ciudad de México, n. 26, p. 113-123, 2013. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 26 ag. 2025.

GOMES, Vânia. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 10, n. 21, 2014. DOI: 10.21713/2358-2332. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/425>. Acesso em: 11 set. 2025.

IUPAC (UNIÃO INTERNACIONAL DE QUÍMICA PURA E APLICADA). **Compêndio de terminologia química**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 1997.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

LENARDÃO, Eder João; FREITAS, Rogério Antônio. DABDOUB, Miguel J. BATISTA, Antônio C. Ferreira. SILVEIRA, Claudio da Cruz. "Green Chemistry" – Os 12 Princípios da Química Verde e sua Inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XQTWJnBbnJWtBCbYsKqRwsy>. Acesso em: 10 set. 2025.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem: componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2011.

MACENO, Nicole Glock. GUIMARÃES, Orlíney Maciel. Concepções de ensino e de avaliação de professores de química do Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 12, Nº 1, 24-44. 2013. Disponível em: http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_1_2_ex648.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

MACHADO, Adélio. Da Gênese ao Ensino da Química Verde. **Química Nova**. Vol.34, No. 3, 535-543. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3fjBw9XHr3jfyqnnZhZt9kh/?lang=pt>. Acesso em: 14 set. 2025.

MARQUES, Carlos Alberto; GONÇALVES, Fábio Peres.; YUNES, Santiago Francisco; MACHADO, Adélio. Sustentabilidade ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no Brasil. **Química Nova**, Vol. 36, No. 6, 914-920, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3jTb5WnmJ3xRWG9TW5yTjQk/?lang=pt>. Acesso em: 3 set. 2025.

MARQUES, Carlos Albaerto.; MACHADO, Adélio. Environmental Sustainability: implications and limitations to Green Chemistry. *Found Chem*. 15, (1), 1-25. 2014. Disponível em: [urlhttps://](https://)

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

www.researchgate.net/publication/257563335_Environmental_Sustainability_Implications_and_limitations_to_Green_Chemistry. Acesso em: 13 set. 2025.

MARCELINO, Leonardo. SJÖSTRÖM, Jesper. MARQUES, Carlos Alberto. Socio-Problematicization of Green Chemistry: Enriching Systems Thinking and Social Sustainability by Education. *Sustainability*, 2019, 11, 7123; doi:10.3390/su11247123. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/24/7123>. Acesso em: 13 set. 2025.

MENDES, Marilei. Experimentos de Química Geral na Perspectiva da Química Verde. Série ensino de química. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2018.

NASCIMENTO, Matheus Gonçalves. Abordagem do Ensino de Química Verde no Brasil: Um Mapeamento da Produção Acadêmica *stricto sensu*. 2025. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2025.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). **Instrução n.º 21/2008 – SEED/SUED: estabelece procedimentos para a organização por Blocos de Disciplinas Semestrais no Ensino Médio**. Curitiba, 2008.

RÜNTZEL, Patrícia. MARQUES, Carlos Alberto. Ambiente temático virtual de Química Verde para simulações de sínteses no Ensino de Química na perspectiva do desenvolvimento sustentável. *Quím. nova* esc. – São Paulo-SP, BR Vol. 44, N.º 2, p. 183-193, MAIO 2022. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc44_2/QNESC_442_revista_completabaixa.pdf#page=83. Acesso em 22 agosto 2025.

SANDRI, Marilei Casturina Mendes; DIAS, Erica; MARCELINO, Leonardo; FONSECA, Eril ; MARQUES, Carlos Alberto. Panorama sobre produções voltadas ao Ensino de Química Verde no Brasil: incursões metodológicas. **XXI Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ**. Disponível em: <https://www.even3.com.br/xxieneq2022/>. Acesso em: 04 mar. 2025.

SANDRI, Marilei Casturina Mendes; SANTIN FILHO, Ourides. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. *Educ. quím, Ciudad de México*, v. 30, n. 4, p. 34-46, 2019. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000400034&lng=es&nrm=iso. Acesso em 07 set. 2025.

SAVIANI, Dermeval. **A pedagogia no Brasil: história e teoria**. Campinas: Autores Associados, 2008.

SOUSA, Alessandra Carvalho de. ALVES, Leonardo Alcântara. BERTINI, Luciana Medeiros. NASCIMENTO, Tássio Lessa do. Química Verde Para a Sustentabilidade: Natureza, Objetivos e Aplicações Práticas. 1 ed. 89 p. Curitiba: Appris, 2020.

VAZ, Carlos Renato Strombeck. JUNIOR, Gildo Giroto. PASTRE, Julio Cezar. A adoção da química verde no ensino superior brasileiro. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas/SP, Brasil. *Quím. Nova*, Vol. 47, No. 3, e-20230117, 1-10, 2024. Disponível em:

EXPANDINDO O MODELO DE ABORDAGEM DA QUÍMICA VERDE: A INSERÇÃO DE UMA
DIMENSÃO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

<https://www.scielo.br/j/qn/a/3jTb5WnmJ3xRWG9TW5yTjQk/?lang=pt>. Acesso em: 14 set. 2025.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DE CONTEÚDO (PCK) EM QUÍMICA VERDE DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Pesquisador: RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 81857024.0.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.006.908

Apresentação do Projeto:

Questões atribuídas à sustentabilidade têm se tornado um desafio global, evidenciando a necessidade de mudanças nas atividades antrópicas e em seu modo de vida. Considerando a urgência de mudanças no modelo atual de desenvolvimento, torna-se essencial uma nova conduta química. É nesse contexto que a filosofia da Química Verde se insere, por tratar de uma abordagem sustentável dentro da atividade química, comprometida com o desenvolvimento de processos e produtos químicos capazes de reduzir e ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas a saúde humana e ao meio ambiente. Na área da educação, esta responsabilidade ganha um peso ainda maior, pelo potencial de promover transformações capazes de viabilizar maior sustentabilidade. Neste cenário a análise do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) torna-se uma ferramenta importante para verificar como os professores de química trabalham a filosofia da Química Verde (QV) em seus conteúdos, pois todos, supostamente, trabalham a disciplina de química. Este trabalho tem por objetivo a análise do PCK em Química Verde de professores de química a partir da produção de propostas didáticas elaboradas por estes no decorrer de um Curso de Extensão de QV intitulado “Introdução à Química Verde: princípios, métricas e ensino”. A fim de obter os conhecimentos pertinentes e consistentes para o desenvolvimento dessa pesquisa de abordagem qualitativa, a metodologia de organização e análise de dados será concebida

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvarararas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvarararas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.006.908

através da Análise Textual Discursiva proposta por Moraes e Galiuzzi (2011). Conhecer como e se os professores de química manifestam em seus PCK a abordagem da QV é importante para compreender como este conhecimento é abordado dentro do ensino de química numa perspectiva da educação para a sustentabilidade.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar o PCK em QV de professores de química a partir das propostas didáticas elaboradas no decorrer do Curso de Extensão de Química verde.

Objetivo Secundário:

¿ Traçar possíveis dificuldades de inserção da QV dentro das propostas didáticas elaboradas pelos professores de acordo com seus PCK.

¿ Compreender como e quais relações a partir dos aspectos do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em Química Verde de acordo com a relação estipulada entre o Modelo de PCK Domínios do Conhecimento do Professor de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) aos modelos de abordagem da química Verde de Sandri e Satin Filho (2019)

¿ Interpretar as práticas dos professores, de acordo com o conhecimento do conteúdo (QV) abordado no curso de extensão.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Quanto aos riscos a que os participantes da amostra estarão submetidos diante do desenvolvimento da pesquisa aqui proposta, seriam quanto a sua dignidade e autonomia para o desenvolvimento da proposta pedagógica. O anonimato dos sujeitos que deve ser garantido dentro da pesquisa, assegurando sua vontade de contribuir e permanecer, ou não, na pesquisa, por intermédio de manifestação expressa, livre e

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvaranas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.006.908

esclarecida. Caso algum desses riscos venha a ocorrer asseguro resolvê-la o mais rápido e da melhor forma possível, em situações mais graves prestar assistência psicológica.

Benefícios:

A forma como o professor manifesta a sua capacidade de construir o conhecimento através de sua prática no processo de ensino-aprendizagem é de grande importância para um ensino eficiente, sendo assim, o papel central da prática pedagógica e do processo reflexivo no desenvolvimento do PCK deve ser um ponto a ser considerado nas reformas curriculares de cursos de formação de professores de ciências. O estudo do PCK em QV de professores em Química, como objeto da pesquisa, me deixa entusiasmada, o fato de conseguir entender como um professor pode melhorar sua aula a partir de reflexões sobre sua própria prática docente, é muito surpreendente, já que até algum tempo atrás o docente era visto como um mero transmissor do conhecimento, e não como qualquer outro profissional que ao exercer sua atividade laboral fosse capaz de aperfeiçoá-la. Acredito que a área da educação possui um grande potencial de promover transformações capazes de viabilizar maior sustentabilidade dentro dos cursos de química.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa acadêmica para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática, relevante e executável.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatório estão corretamente preenchidos e anexados na Plataforma. Em anexo e de acordo com as resoluções 466/2012 e 510/2016

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 **E-mail:** propespsecretaria@uepg.br

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG**



Continuação do Parecer: 7.006.908

Recomendações:

Enviar o relatório final ao término do projeto de pesquisa por Notificação via Plataforma Brasil para evitar pendências.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto foi aprovado sem restrições, após avaliação documental. O projeto se encontra dentro dos princípios éticos e metodológicos, de acordo com o Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012 e 510/2016.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2376421.pdf	13/08/2024 23:42:46		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	13/08/2024 23:42:18	RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Pesquisa.pdf	03/07/2024 16:58:15	RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	02/07/2024 22:16:19	RENATA CRISTINA PEREIRA LOBO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 **E-mail:** propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 7.006.908

PONTA GROSSA, 14 de Agosto de 2024

Assinado por:
ULISSES COELHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvararanas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvararanas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 **E-mail:** propespsecretaria@uepg.br

ANEXO B – MODELO DE PROPOSTA DIDÁTICA

MODELO DE APOIO

PLANO DE AULA

Professor estagiário:

Escola/instituição:

Disciplina: **Química**

Assunto: **Fatores que interferem na velocidade das reações (concentração, temperatura, superfície de contato e pressão)***

Data:

Hora:

Local:

Duração: **50 minutos**

Turma: **2º ano – Ensino Médio**

***Catalisadores serão tratados em uma aula exclusiva**

- 1- **Objetivos de aprendizagem:** Geral e Específicos (se houver) (indique os objetivos de aprendizagem dos alunos nesta aula)

Geral:

Compreender os diferentes fatores que podem alterar a velocidade das reações químicas

Específicos:

- Relembrar que as reações ocorrem em diferentes velocidades;
- Compreender o efeito da temperatura, da pressão, da superfície de contato e da concentração sobre a velocidade das reações;
- Avaliar situações e identificar os fatores que interferem na velocidade das reações, em cada caso.

No caso da Educação Básica - indicar qual competência geral e específica da BNCC estará sendo desenvolvida no decorrer da aula.

Competência geral: Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Competência específica: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

- 2- **Introdução:** (Descrever como você pretende iniciar a aula e não qual o conteúdo que será trabalhado no início da aula)

Tempo previsto: 7 minutos

Após cumprimentar os alunos, será relembrado o conteúdo da última aula, com atenção para os exemplos de reações que ocorrem em diferentes velocidades.

Posteriormente, serão feitas as seguintes perguntas, com vistas a motivar os alunos a participar e conduzi-los ao conteúdo da aula.

-Vocês conhecem alguma forma para acelerar ou desacelerar uma reação química? (Esperar respostas).

- Por que vocês guardam os alimentos na geladeira?

- Por que alimentos cortados em cubos menores cozinham mais rápido?

*Outras perguntas podem surgir a partir da participação dos alunos.

Após esse momento será explicado que o conteúdo da aula os ajudará a entender melhor essas questões.

3- Desenvolvimento: (descrever como você desenvolverá os conteúdos de aprendizagem desta aula)

Tempo previsto (30 minutos)

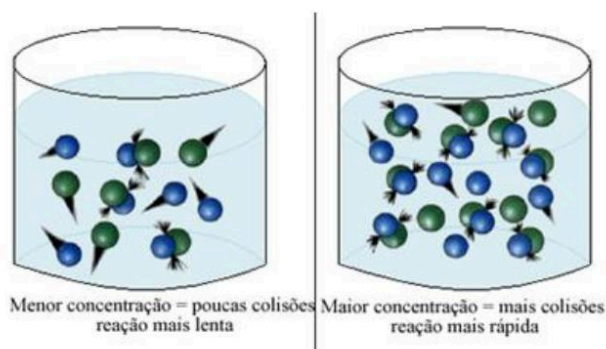
A aula se iniciará com uma breve revisão sobre reações químicas e como a velocidade destas reações químicas podem ser controladas, de acordo com o interesse e ou a necessidade. Em seguida será abordado a importância dos choques efetivos na ocorrência de uma reação, necessários para a quebra das ligações dos reagentes e a formação da ligação dos produtos. Para tanto será utilizado um esquema como o representado abaixo:

Orientações das colisões	Resultado
	Colisão não efetiva, não ocorre reação.
	Colisão não efetiva, não ocorre reação.
	Colisão pode ser efetiva e pode ocorrer reação.

Será explicado que uma reação é favorecida quando se favorece a ocorrência das colisões e aumenta-se a probabilidade dos choques efetivos. Para tanto, são fatores que favorecem as colisões:

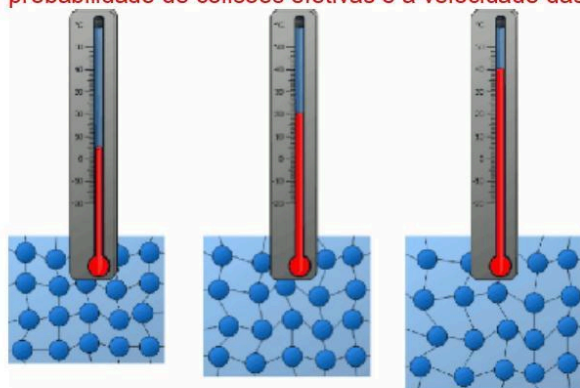
3.1 Concentração dos reagentes

Quanto maior a concentração dos reagentes, mais moléculas estarão presentes no meio reacional e mais colisões ocorrerão, como na figura abaixo (representar no quadro)



3.2 Temperatura

O aumento da temperatura representa a agitação molecular (mostrar representação no quadro ou, se possível usar slides, mostrar animação abaixo ou simulação). Com a agitação das moléculas aumenta-se a probabilidade de colisões efetivas e a velocidade das reações aumenta.



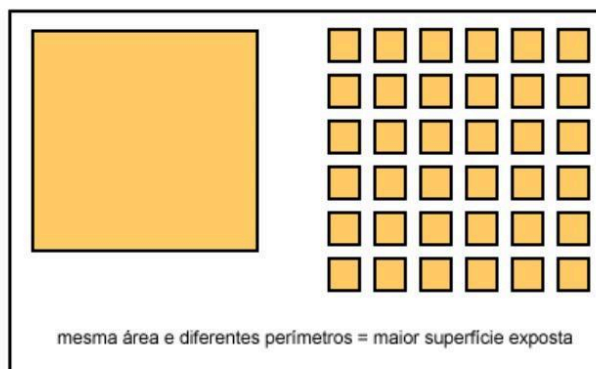
Neste caso, em específico, deve-se relembrar as perguntas iniciais com os alunos, de porque guardamos os alimentos na geladeira e lembrá-los que a deterioração dos alimentos é uma reação química.

3.3 Superfície de contato

Primeiramente explicar o que é superfície de contato, com o exemplo da figura abaixo.

Posteriormente mostrar que quanto maior a área superficial, mais exposto a colisões estará o sólido, no meio reacional.

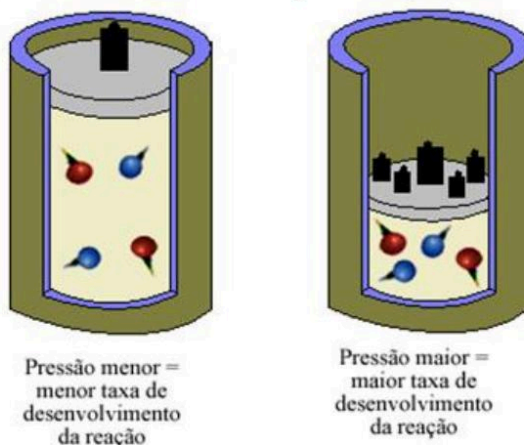
Relembrar com os alunos porque os alimentos cozinham mais rápido quando cortados em cubos, em vez de pedaços maiores.



Pressão

Reforçar que esse fator só interfere quando a reação acontece com reagentes gasosos, sobre os quais a pressão terá maior efeito.

Posteriormente explicar que quanto maior a pressão, menor o volume e maior a proximidade das moléculas, resultando em maiores colisões com probabilidade de efetividade, aumentando a velocidade das reações.



Dar exemplo da produção de amônia e da sua importância no mundo moderno.

4- Reconciliação Integradora: (descrever como fará o fechamento da aula, a retomada e finalização dos conteúdos)

Tempo: 13 minutos

De forma sintética, será realizado no quadro, um esquema que resume o efeito de cada um dos fatores sobre a velocidade das reações.

Ex: $\uparrow$ Temperatura $\uparrow$ colisões (choques) efetivos $\uparrow$ velocidade das reações

Exemplo: Decomposição dos alimentos

Realizar alguns exercícios (já impressos) que permitam aos alunos averiguar situações que envolvam os fatores trabalhados na aula.

Solicitar aos alunos uma breve pesquisa sobre o que são catalisadores, assunto que será abordado na próxima aula.

5- Metodologia/estratégia Empregada:

Esclarecer quais estratégias didáticas serão desenvolvidas e que tipo de metodologia se empregará.

A metodologia utilizada nesta aula será a da explanação dialogada, favorecendo a participação dos alunos e a vinculação dos conteúdos com situações de sua realidade cotidiana. Serão empregos exemplos e esquemas e representativos capazes de favorecer a compreensão dos fenômenos abordados.

6- Recursos Didáticos:

Quadro de giz e giz
Imagens impressas em cartazes ou slides
Material impresso com exercícios

7- Avaliação da aula:

Como verificará se o objetivo da aula foi atingido? Que instrumentos utilizará?

A avaliação acontecerá por meio da participação dos alunos e realização dos exercícios. Os instrumentos serão a observação direta e a lista de exercícios.

8- Referências Bibliográficas:

Citar as referências e materiais bibliográficos de apoio utilizados na preparação desta aula. (PELO MENOS 3 REFERÊNCIAS DE LIVROS DIDÁTICOS)

BROWN, Theodore L.; BURDGE, Julia R.; BURSTEN, Bruce E.. **Química: A ciência central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

COVRE, Geraldo José. **Química Total**. São Paulo: Ftd, 2001. 664 p.

PERUZZO, Tito Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química Total: Química**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2005.