UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos

Programa de Pós-Graduação em Química

Tese de Doutorado

A Inovação em Química e as suas Articulações com a Química da Educação Básica: processos de mediação didática de temáticas inovadoras

Paola Bork Abib

Pelotas, novembro de 2024.

Paola Bork Abib

A Inovação em Química e as suas Articulações com a Química da Educação Básica: processos de mediação didática de temáticas inovadoras

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Linha de pesquisa: Estudos em Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Fábio André Sangiogo

Pelotas, novembro de 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

A148i Abib, Paola Bork

A inovação em Química e as suas articulações com a Química da Educação Básica [recurso eletrônico] : processos de mediação didática de temáticas inovadoras / Paola Bork Abib ; Fábio André Sangiogo, orientador. — Pelotas, 2024.
274 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Ensino de Química. 2. Temas inovadores. 3. Abordagens metodológicas. 4. Formação docente. 5. Universidade - Escola. I. Sangiogo, Fábio André, orient. II. Título.

CDD 540.7

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Paola Bork Abib

A Inovação em Química e as suas Articulações com a Química da Educação Básica: processos de mediação didática de temáticas inovadoras

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa:18/11/2024

Banca Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIO ANDRE SANGIOGO
Data: 20/12/2024 15:37:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fábio André Sangiogo (Orientador)
Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.

gov.br Documento assinado digitalmente
GERSON DE SOUZA MOL
Data: 21/12/2024 15:17:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Gérson de Souza Mól
Doutor em Química pela Universidade de Brasília, UnB, Brasil.

gov.br Documento assinado digitalmente
BRUNA ADRIANE FARY HIDAI
Data: 20/12/2024 17:32:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Bruna Adriane Fary
Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina, UEL, Brasil.

gov.br Documento assinado digitalmente
BRUNO DOS SANTOS PASTORIZA
Data: 20/12/2024 15:40:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Bruno dos Santos Pastoriza
Doutor em Educação em Ciências Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

Dedico esta tese de doutorado à memória de minha avó, Elvira Bartz Bork, a qual me incentivou ao prosseguimento dos estudos, promovendo apoio incondicional em todas as esferas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus primeiramente, pela oportunidade da vida, pelo mundo maravilhoso repleto de belezas e desafios, pelas alegrias vividas e as dificuldades que me fizeram mais forte, bem como, pela força que me guia e está sempre presente me sustentando.

À minha família, aos meus avós que já não estão fisicamente presentes, mas muito me ensinaram e ajudaram, aos meus pais, Márcia e Ricardo, e padrasto Altair, por todo amor, carinho e apoio em todas as horas e fases da minha vida.

Ao meu orientador Fábio André Sangiogo, pelo apoio, atenção, confiança, estímulo, paciência e bom humor, o que tornou essa caminhada leve e prazerosa, de forma a contribuir substancialmente para o prosseguimento da minha formação acadêmica, e como inspiração na construção do ser docente que desejo um dia me tornar.

Aos demais professores formadores do grupo LABEQ, Prof. Bruno Pastoriza, Prof. Alessandro Cury e Prof. Bruna Fary, em especial, por todo conhecimento compartilhado e confiança em mim depositada, assim como as boas risadas e momentos divertidos.

Aos meus amigos e colegas de grupo, pelo apoio e palavras de estímulo sempre que necessário, em especial, Andressa, Charlene, Diego, Flávia e Tavane, pelo convívio e por toda parceria durante esses anos.

A todos os licenciandos e professores participantes da pesquisa, sem eles nada seria possível, em especial, ao grupo da Inovação do PIBID, os quais contribuíram muito para meu crescimento profissional e pessoal.

Às escolas e professores da Educação Básica parceiros da universidade, que justificam a importância do trabalho desenvolvido, sempre dispostos a buscar melhorias dentro da realidade de ensino.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, CNPq, FAPERGS, e especialmente, à CAPES pela bolsa o que promoveu apoio financeiro essencial.

À banca de professores doutores: Alessandro Cury, Bruna Fary, Bruno Pastoriza, Diana Lozano e Gérson Mól, que se empenharam na leitura deste trabalho, o que possibilitou o surgimento de novas visões e reflexões sobre o mesmo, e consequentemente, importantes considerações que contribuíram para seu melhoramento.

A todos os professores que passaram por minha vida e contribuíram para minha formação até o momento.

Muito Obrigada!

Resumo

ABIB, Paola Bork. **A Inovação em Química e as suas Articulações com a Química da Educação Básica**: processos de mediação didática de temáticas inovadoras. Orientador: Fábio André Sangiogo. 2024. 274 f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

A Ciência está em um processo de constante transformação, visa dentre outros, a construção de novos conhecimentos, se relaciona a inovação em função da busca por novidades, a fim de promover melhorias aos sistemas. Para que de fato se promova o ganho de qualidade por meio da formulação de novos produtos, serviços, metodologias, é importante que esses novos conhecimentos alcancem a sociedade, e isso pode ocorrer através de uma articulação entre os conhecimentos científico e escolar. Nesse sentido, o objetivo desta tese visa compreender e analisar a articulação da inovação entre o conhecimento químico escolar e o conhecimento científico em Química. A metodologia envolveu: a análises a artigos científicos da área da Química, buscando identificar e compreender sobre alguns dos temas inovadores da Ciência; a análise a documentos oficiais que orientam o Ensino Médio, buscando entender o que é considerado inovação na Educação; e o estudo de caso de contextos em que ocorreram processos de didatização de temáticas do conhecimento químico inovador para o contexto escolar, considerando e analisando as suas implicações, a partir da análise textual discursiva. Os resultados obtidos a partir da análise de artigos apontaram para temas de pesquisa relacionados ao desenvolvimento de nanomateriais, catálise química, eletroquímica, utilização de metais na química, entre outros, os quais emergem em um contexto de possíveis aplicações voltadas ao cuidado e à preservação do meio ambiente, da saúde humana, à obtenção de fontes renováveis de combustíveis e de energia, à construção de novos e aperfeiçoados materiais, em que as inovações respondem às demandas sociais atuais. No contexto educacional, por meio da análise aos documentos oficiais selecionados, a inovação é representada não apenas como a possibilidade de criação de um novo produto, método ou estratégia, mas também como um ato de readequação, reconstrução, a fim de contribuir para uma formação integral dos estudantes. Por fim, ao acompanhar um processo de mediação didática do conhecimento científico inovador para o contexto escolar, emergiram três categorias. A primeira categoria emergida da análise estabelece a defesa desta tese, ao descrever etapas importantes do trabalho com temáticas inovadoras no contexto escolar; além de orientações referentes ao como estruturar o trabalho que deve ser pautado no cotidiano, nos conceitos químicos, na inovação em si e no debate de questões sociais; bem como, o grande auxílio promovido pela instauração de uma rede de apoio entre os atuantes nas escolas, nas universidades e nos centros de pesquisa. Na segunda categoria, há alguns apontamentos que indicaram dificuldades no trabalho com a inovação na escola. E por fim, na terceira categoria foram destacadas as potencialidades do processo de mediação didática realizado. Como considerações finais, ressaltamos que esta tese se consolida no percurso indicado – sequência de etapas não lineares - para o trabalho com a inovação científica nas escolas, o que ainda é pouco difundido, além de ter fornecido definições importantes sobre a conceituação do tema de inovação.

Palavras-chave: Ensino de Química; Temas inovadores; Abordagens metodológicas; Formação docente; Universidade-Escola.

Abstract

ABIB, Paola Bork. **Innovation in Chemistry and its Articulations with Chemistry in Basic Education**: processes of didactic mediation of innovative themes. Advisor: Fábio André Sangiogo. 2024. 274 p. Thesis (Doctorate in Chemistry) – Postgraduate Program in Chemistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

Science is in a process of constant transformation, aiming, among other things, at the construction of new knowledge, and related to innovation in terms of the search for novelties in order to promote improvements to systems. In order to actually promote quality gains through the formulation of new products, services, and methodologies, it is important that this new knowledge reaches society, and this can occur through an articulation between scientific and school knowledge. In this sense, the objective of this thesis is to understand and analyze the articulation of innovation between school chemical knowledge and scientific knowledge in Chemistry. The methodology involved: analysis of scientific articles in the area of Chemistry, seeking to identify and understand some of the innovative themes in Science; analysis of official documents that guide High School Education, seeking to understand what is considered innovation in Education; and the case study of contexts in which processes of teaching innovative chemical knowledge themes for the school context occurred, considering and analyzing their implications, based on discursive textual analysis. The results obtained from the analysis of articles pointed to research topics related to the development of nanomaterials, chemical catalysis, electrochemistry, use of metals in chemistry, among others, which emerge in a context of possible applications aimed at the care and preservation of the environment, human health, obtaining renewable sources of fuel and energy, and the construction of new and improved materials, in which innovations respond to current social demands. In the educational context, through the analysis of the selected official documents, innovation is represented not only as the possibility of creating a new product, method or strategy, but also as an act of readjustment and reconstruction, in order to contribute to the comprehensive education of students. Finally, by following a process of didactic mediation of innovative scientific knowledge for the school context, three categories emerged. The first category that emerged from the analysis establishes the defense of this thesis, by describing important stages of work with innovative themes in the school context; in addition to guidelines regarding how to structure the work that should be based on daily life, chemical concepts, innovation itself and the debate of social issues; as well as the great help provided by the establishment of a support network among those working in schools, universities and research centers. In the second category, there are some notes that indicated difficulties in working with innovation in schools. And finally, in the third category, the potential of the didactic mediation process carried out was highlighted. As final considerations, we emphasize that this thesis is consolidated in the indicated path – a sequence of non-linear stages – for working with scientific innovation in schools, which is still little disseminated, in addition to having provided important definitions on the conceptualization of the theme of innovation.

Keywords: Chemistry teaching; Innovative themes; Methodological approaches; Teacher training; University – School.

Lista de abreviaturas e siglas

BNCC	Base Nacional Comum Curricular	
COF	Covalent Organic Framework	Estruturas Orgânicas Covalentes
CTS	Ciência-Tecnologia-Sociedade	
DC	Divulgação Científica	
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais	
EDLC	Electrical Double-Layer Capacitors	Capacitores Elétricos de Dupla Camada
LHP	Lead Halide Perovskites	Perovskitas de Haleto de Chumbo
MOF	Metal-Organic Framework	Estruturas Organometálicas
NC	Nanocrystal	Nanocristal
NF	Non-Fullerene	Não derivado de Fulereno
OSC	Organic Solar Cell	Células Solares Orgânicas
RCG	Referencial Curricular Gaúcho	
SS	Stainless Steel	Aço Inoxidável

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

2 ALGUMAS PERSPECTIVAS SOBRE A INOVAÇÃO E SUAS ARTICULAÇÕES COM CONHECIMENTOS CIENTÍFICO E ESCOLAR 18

2.1 O currículo e algumas de suas implicações para a formulação do conhecimento escolar 18

2.2 Relações entre os conhecimentos Científico, Cotidiano e Escolar 26

2.3 Algumas características do conhecimento científico em Química e a inovação 35

2.4 A Inovação no conhecimento químico escolar 41

2.5 Algumas formas de articular a inovação, o conhecimento científico e o contexto escolar 47

3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA 63

3.1 A inovação no conhecimento químico em temas presentes em artigos científicos 65

3.2 Análise documental sobre o tema da inovação em documentos oficiais que regulamentam e orientam o Ensino Médio 68

3.3 Contexto e metodologia em atividades que possibilitam a mediação didática do conhecimento inovador de Química para o contexto escolar 69

4 CONCEITOS DE INOVAÇÃO: RELAÇÕES E ANÁLISES NO CONTEXTO DA ÁREA DA QUÍMICA E DE DOCUMENTOS DO ENSINO MÉDIO 93

4.1 O que pode ser compreendido como inovação dentro de um contexto mais geral, no âmbito da Ciência Química e na Educação 93

4.2 A inovação no conhecimento químico – temas presentes em artigos com grande número de citações 98

4.3 Uma análise documental sobre inovação nos documentos que regulamentam e orientam o Ensino Médio 128

5 ANÁLISE DE ATIVIDADES COM TEMAS INOVADORES DA QUÍMICA NO CONTEXTO ESCOLAR 152

5.1 O processo de construção e desenvolvimento de atividades com temas inovadores da Química e a transformação dos conhecimentos 157

5.2 Desafios e dificuldades encontrados no trabalho com a inovação Química na escola 198

5.3 Potencialidades no trabalho com a inovação científica nas escolas 213

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 234

7. REFERÊNCIAS 242

8. Apêndices 266

9. Anexos 274

1. INTRODUÇÃO

A presente tese de doutorado tem como tema as inter-relações entre as pesquisas inovadoras em Química e a incorporação desses estudos no conhecimento químico escolar, suas potencialidades e barreiras. A proposição deste tema para a pesquisa surge a partir da reflexão e desejo de conhecer mais sobre as diferenças em relação ao compreender a Química e o ensinar sobre a Química, o que provavelmente teve origem ao iniciar os estudos na linha de Ensino de Química, como bolsista de iniciação científica, no curso de licenciatura em Química, distinta da área de pesquisa em que desenvolvi a primeira graduação (Química Industrial) e o mestrado (síntese de compostos orgânicos).

A migração de uma área de estudos para a outra, com a entrada como portadora de diploma no curso de licenciatura em Química durante o mestrado, me fez perceber a importância no desenvolvimento do senso crítico, e de uma formação humanística, articulados ao trabalho com a racionalidade científica que são premissas relevantes no trabalho de um docente de Química. Nesse contexto, não apenas o conhecimento conceitual sobre a Química era importante, mas também a minha visão de mundo e todo um aporte teórico sobre o que, para que e como ensinar, em vista de viabilizar o interesse e o aprendizado dos estudantes. Aliar esses dois campos de pesquisa (da Ciência em si e do Ensino dessa Ciência) mobilizou a mim e a diversos integrantes do nosso grupo de pesquisa do Laboratório de Ensino de Química (LABEQ) da UFPel. Nesse sentido, mobilei os estudos para melhor entender o conhecimento que é produzido atualmente na Química, sobre o conceito de inovação, o que pode ser de fato considerado inovador nesse cenário, e o modo como pode ser articulado ao Ensino de Química, o que por sua vez, inspirou o interesse sobre as inter-relações entre os tipos de conhecimento (científico, escolar e cotidiano), os processos de mediação didática, o que inclui as relações de diálogo entre sujeitos, em formação inicial e continuada, e a interlocução mais próxima entre diferentes instituições de ensino e pesquisa, como a universidade e a escola.

Por compreender a importância de associar a Química que envolve os avanços científicos ao que é percebido e usual em nossa vida social e cotidiana, decidimos por, além de investigar meios de tornar a Ciência inovadora acessível, entender sobre as implicações desse processo. Em meio a esse cenário, identificamos na literatura autores como Lopes (1999), Silva e Moreira (2010), Rocha (2012) e Sangiogo e Zanon

(2014) que corroboram com a perspectiva de que é importante promover um processo dialético, ou seja, de inter-relações dinâmicas entre os conhecimentos cotidiano e científico, de modo a construir, assim, o conhecimento escolar. Segundo Lopes (1997) é importante que haja uma “apropriação do conhecimento científico pela escola” (p. 563), ao passo que se promovam os processos de mediação didática para o contexto escolar (Lopes, 1999). Ao refletir sobre esse tema de relevância para todo docente, surgem questões que precisam ser atualizadas e repensadas pelas pesquisas da área do Ensino de Química. Dentre elas, se de fato está havendo a busca pela articulação entre os conhecimentos cotidianos, escolares e científicos, bem como sobre a importância e/ou necessidade de atualizar temas e/ou conceitos do contexto escolar, haja vista as pesquisas na área da Química e o contexto social da sociedade e das escolas, na atualidade.

Essa pesquisa parte da compreensão (e problematização) da visão de que toda pesquisa científica pode ser realizada com o intuito de contribuir para construção de novos conhecimentos, promovendo possíveis avanços e melhorias na vida dos sujeitos (Kosminsky; Giordan, 2002), e a escola pode ser compreendida como uma instituição que visa formar futuros cidadãos críticos e atuantes na sociedade (Santos et al., 2013). Logo, podemos entender a escola como um dos locais ideais para divulgar e mediar o conhecimento científico inovador, criando assim a possibilidade de retorno do investimento econômico e tecnológico à sociedade que é tão almejado pela comunidade cientifica (Albagli, 1996).

Essa pretensão pode ser justificada com base no que relata Rocha (2012), sobre a importância do compartilhamento de conhecimentos científicos com a sociedade em geral:

> A compreensão pública da ciência é hoje considerada um dos valores primordiais das sociedades democráticas. Atualmente, cientistas, educadores e jornalistas percebem a necessidade de se inserir na sociedade, a ciência e a tecnologia construídas e desenvolvidas pelos especialistas. Vários motivos justificam essa necessidade. Um deles é cultural. A ciência é uma das maiores conquistas da nossa cultura e, portanto, todos os cidadãos deveriam ser capazes de compreender e apreciar as questões relacionadas ao conhecimento científico. A ciência deve ser entendida como um produto cultural. Sabe-se que a popularização da ciência e da tecnologia é necessária para o desenvolvimento cultural de um povo e é importante que as experiências, pesquisas e preocupações científicas se apresentem ao público e se constituam em parte fundamental de sua cultura, sobretudo, na sociedade contemporânea (Rocha, 2012, p. 48).

A defesa de Rocha (2012), bem como uma melhor compreensão sobre esses processos, mobiliza esta tese. Além disso, Rocha (2012), ao se utilizar da articulação

de forma crítica de pesquisas científicas nas salas de aula, descreve benefícios para os estudantes, como: maior desenvolvimento de habilidades em leitura, interpretação e argumentação, familiarização com termos científicos, acesso a informações e atualidades, possibilidade de contextualização com conteúdos, entre outros. Isso pode contribuir para a formação de cidadãos mais críticos e engajados na resolução de problemas reais, ao ponto que se diminui o distanciamento entre a pesquisa científica e o conhecimento escolar, fazendo com que os educandos construam uma ligação entre os conteúdos escolares e o mundo atual e inovador da Ciência e da tecnologia (Rocha, 2012).

As transformações na Ciência e na sociedade ocorrem rapidamente no mundo inteiro, em parte, por conta do avanço científico e tecnológico, pela globalização da sociedade, e acarretam mudanças na realidade social, as quais se refletem em novas maneiras de comunicação e de acesso à informação, muitas vezes, utilizadas como ferramentas de poder contraposto ao conhecimento científico (Libâneo, 2004).

É fundamental que a escola acompanhe os movimentos de transformações e seja capaz de promover uma formação integral, que contemple questões da cultura cotidiana e da Ciência (Libâneo, 2004), e que evite assim o desencadeamento do negacionismo científico, atualmente muito observado no país (Marques; Raimundo, 2021). Ainda, cabe a defesa de que a presença do conhecimento *de* e *sobre* Ciência, no contexto escolar, pode auxiliar no entendimento de que crenças desprovidas de bases evidenciáveis não devem impactar políticas públicas, nem serem utilizadas como forma de representação da realidade perante decisões sociais (Vilela; Selles, 2020).

Ao partir dessas premissas, torna-se relevante e justificável esta investigação, pois ela buscou compreender mais sobre as questões levantadas e que envolvem as diferentes formas de conhecimento, sobre as suas articulações, além de tentar contribuir para um maior entendimento referente ao que há de inovador na pesquisa na área de Química, articulando esses “novos” conhecimentos ao que é ensinado nas escolas, na disciplina de Química. Diante do exposto, torna-se compreensível a busca por estudos que contemplem sobre a relação entre a inovação, a Química e a escola de Educação Básica, na busca por melhorias na área de Educação em Ciências/Química.

Ao considerar o tema da inovação, relacionado ao contexto educacional e ao científico, percebemos que parte dos professores compreendem a importância de buscar pela atualização de sua prática, e assim, buscam fazê-lo por meio da internet, de cursos, e revistas de divulgação científica (Benedicto; Silva, 2018). Ainda assim, acreditamos que grande parte dos docentes, por enfrentarem muitas dificuldades relacionadas à falta de tempo, de dinheiro e de incentivo (Benedicto; Silva, 2018), acabam não conseguindo encontrar meios de promover as inovações pedagógicas que são propostas em documentos que regularizam a educação (Brasil, 2018a), nem de articular o conhecimento científico inovador ao cotidiano escolar.

Além das dificuldades já mencionadas, uma grande barreira é a histórica distância configurada pelo pouco diálogo entre esses dois campos – Ciência e escola – o que se deu, em parte, em função da tendência que muito se seguia de ensinar apenas os resultados fornecidos pelos grandes centros de pesquisa nas escolas, sem se preocupar com a abordagem do processo que envolve a construção dos conceitos, as problemáticas e questões que os originaram, o que de certa forma, contribuiu para uma dicotomia entre esses campos (Schnetzler, 2002; Oliveira; Steil; Francisco Júnior, 2022; Teo; Goh; Yeo, 2014). Nessa perspectiva, ao invés de prezar pelo ensino balizado na racionalidade científica, muitas vezes, costuma-se utilizar do senso comum como forma de aproximar o conhecimento científico do contexto escolar, o que pode incorrer em uma banalização do entendimento que se constrói sobre a Ciência, e assim fortalecer a distância entre esses dois campos (Lopes, 1999).

Ademais, uma outra causa que pode promover pouco diálogo entre o contexto escolar e a Ciência, em especial no que tangencia à inovação nessa área, esteja relacionado ao fato do tema da inovação ainda estar muito atrelado à uma perspectiva que visa estabelecer apenas melhorias econômicas (Eichenberger, 2019; Oliveira, 2011). Afinal, a inovação, assim como é importante maneira de impulsionar a criatividade, também costuma direcionar o setor produtivo para o desenvolvimento de pesquisas, produtos ou métodos de valor comercial (Eichenberger, 2019), o que, em algumas vezes, pode não ser visto com “bons olhos” no sistema educacional. Isso porque ele está acostumado a ver a utilização do tema inovação em função da busca por maneiras de “vender” discursos relacionados a políticas públicas que nem sempre cumprem com as propostas que articulam (Pimental, 2020). Todavia, é importante que relações entre os conhecimentos inovadores oriundos da Ciência e o contexto escolar

sejam estabelecidas e fortalecidas, para que haja de fato uma educação que contemple temas e discussões que fazem parte da Ciência da atualidade e proporcione uma formação cultural, que possibilite um maior número de pessoas participando de decisões importantes que dizem respeito ao exercício da cidadania (Libâneo, 2004; Santos; Mortimer, 2002; Santos, 2007).

Diante o exposto até o momento, referente a inovação em Química e a possível incorporação desses estudos no conhecimento químico escolar, levando em consideração as potencialidades e barreiras, a questão de pesquisa que guiou esta tese foi: Como se mostra a articulação da inovação entre o conhecimento científico e o conhecimento químico escolar no contexto do Ensino Médio?

Em meio a esse cenário, o objetivo central desta pesquisa se referiu a: Compreender e analisar a articulação da inovação entre o conhecimento científico em Química e o conhecimento químico escolar. A fim de contemplar à questão de pesquisa e objetivo geral proposto, delimitamos alguns objetivos específicos que possibilitaram: a construção de uma revisão de literatura, que verificou o que historicamente é relatado sobre os conhecimentos científico e escolar, bem como sobre alguns pontos centrais da pesquisa científica inovadora na área de Química; a compreensão sobre o que poderia ser considerado inovador e relevante com relação à pesquisa científica em Química recente (nos anos de 2018, 2019 e 2020), considerando um contexto historicamente situado referente ao período em que se desenvolveu a pesquisa, o que permitiu apontar um caminho a ser seguido com relação ao identificar temas inovadores na Química; a compreensão do conceito de inovação presente em documentos oficiais que orientam e regulamentam a Química do Ensino Médio, formulando assim, um entendimento sobre o que é inovação no cenário educacional.

Após desenvolver essa primeira fase da pesquisa, em que buscamos conhecer e compreender mais sobre a inovação em diferentes contextos, em um segundo momento, os objetivos se voltaram a realização de uma pesquisa interativa e prática, relacionada ao acompanhamento e auxílio no processo de proposição de atividades a serem desenvolvidas em escolas parceiras da universidade, com temas muito pesquisados na Ciência Química atualmente, por licenciandos em Química da UFPel. Isso viabilizou o estudo e a compreensão sobre como poderia se dar o processo de mediação didática de temas científicos inovadores da Química para o contexto

escolar. Essa análise permitiu inferir aspectos que constituíram os processos de ensino dos temas trabalhados, ao mesmo tempo em que permitiu compreender sobre as principais implicações para os processos de ensino e aprendizagem de Química, como as potencialidades e as dificuldades na abordagem de temas inovadores da Ciência na escola.

Esse segundo momento da pesquisa, que é articulado ao estudo teórico, resultou na construção da tese. A defesa de etapas e de princípios orientadores não necessariamente dispostas em sequência linear de realização, que apontam para a possibilidade de desenvolvimento do trabalho com a inovação científica de Química no contexto escolar. Alguns dos princípios ou premissas de orientação defendidas como importantes para a construção do processo de didatização da inovação científica perpassa a abordagem do contexto cotidiano do estudante, a compreensão dos conceitos e conteúdos que envolvem a inovação em questão discutida através do tema a ser trabalhado, e do debate sobre questões sociais relativas à inovação e suas implicações. A tese também defende que o processo de mediação didática de temas inovadores é facilitado na interação Universidade-Escola, a partir da formação de uma rede de apoio entre instituições e profissionais relacionados com a pesquisa e com o ensino dos níveis superior e básico.

Diante do exposto, e dando sequência a esta introdução que situa o problema, a justificativa e os objetivos que permearam esta tese, no Capítulo 2 será apresentada uma revisão de literatura, com intuito de fornecer ao leitor um olhar sobre conceitos e aspectos importantes que envolvem o currículo escolar, os conhecimentos científico, cotidiano e escolar e a inovação. Por fim, apresenta algumas formas indicadas pela literatura, enquanto possibilidade de inserir o conhecimento oriundo dos centros de pesquisa no contexto das escolas.

No Capítulo 3 é apresentado o percurso metodológico estabelecido, buscando uma maior descrição sobre as ações planejadas e tomadas para a realização da tese, como a descrição da revisão em periódicos e de documentos oficiais, bem como de um estudo de caso (utilizando de questionários, entrevistas semiestruturadas, transcrição de áudios, análise à documentos), com professores e licenciandos de Química, com auxílio da análise textual discursiva.

No Capítulo 4 são descritos e discutidos os resultados referentes ao que foi encontrado na literatura, sobre um conceito de inovação de forma mais abrangente,

mas relacionado à Química e seu ensino (4.1). Assim como, as análises feitas sobre os artigos de revisão selecionados em periódicos bem conceituados da área de Química, a fim de identificar os temas mais abordados recentemente e a incidência de inovação científica que pode se originar através destes (4.2). Ainda serão apresentados os resultados referentes ao que foi percebido como inovação nos documentos oficiais que regulamentam e orientam a etapa do Ensino Médio, de forma a compreender sobre o conceito especificamente, no contexto educacional (4.3).

E, por fim, após compreender mais sobre inovação de maneira geral, e também, dentro dos cenários de interesse para este estudo (Ciência Química e Ensino), no capítulo 5 serão abordados os resultados provenientes das coletas de dados, os quais são relacionados às percepções de professores e licenciandos em Química sobre o trabalho com a inovação científica nas escolas, e o modo como pode se dar a construção do processo de mediação didática da inovação científica para o conhecimento químico escolar.

Por fim, no Capítulo 6 são feitas algumas considerações finais sobre a tese apresentada, com a síntese dos principais resultados e discussões, bem como aos futuros encaminhamentos.

2 ALGUMAS PERSPECTIVAS SOBRE A INOVAÇÃO E SUAS ARTICULAÇÕES COM CONHECIMENTOS CIENTÍFICO E ESCOLAR

Neste capítulo será apresentado o resultado de uma pesquisa na literatura, para balizar o estudo de doutorado em desenvolvimento. O trabalho almeja uma discussão referente a articulação do conhecimento inovador produzido entre a Ciência Química e o conhecimento químico escolar. Para isso, buscamos compreensões sobre o currículo escolar (subcapítulo 2.1), o qual é um dos conceitos que permeiam o conhecimento escolar. Além disso, em um segundo subcapítulo (2.2) são apresentadas algumas relações e teorias que envolvem a articulação entre os conhecimentos científico, cotidiano e escolar. No subcapítulo 2.3 são discutidas algumas das principais características do conhecimento científico e da inovação. Na sequência (subcapítulo 2.4) são relatados alguns fatores que podem interferir na abordagem da inovação, na construção do conhecimento químico escolar. Por fim (subcapítulo 2.5), são apresentadas algumas das possiblidades e das potencialidades, relatadas na literatura, de realizar a inserção do conhecimento científico e da inovação no contexto escolar.

2.1 O currículo e algumas de suas implicações para a formulação do conhecimento escolar

Como destacado por Baumann (1999), a sociedade moderna marcada pela era industrial era constituída em grande parte por uma classe de produtores e soldados. Nela, havia uma enorme necessidade de mão de obra pesada, sendo que com o passar do tempo e o surgimento dos processos de automação, a sociedade que era formada em massa por operários, passou a ser composta por consumidores. Isso não significa que antigamente a população não consumia, mas sim que o consumo era pautado na necessidade, e atualmente ele é baseado no desejo de consumir que extrapola o básico, o necessário (Baumann, 1999).

A sociedade do consumo estabelece uma certa ilusão, onde se compreende que a felicidade humana está relacionada ao poder de compra, não apenas referente à produtos, mas também à serviços. A satisfação em consumir que antigamente correspondia apenas à necessidade de cada um, agora passa a ser muito rapidamente esquecida e substituída pelo consumo de novas tecnologias, produtos e

serviços. Esse desejo de compra, estimula novas necessidades e o desejo de continuar consumindo. No mundo atual, praticamente ninguém quer ficar estagnado, grande parte da população necessita da diversão proporcionada pela mudança, pelo movimento, para assim esquecer dos problemas. Sendo assim, o consumismo é esse acúmulo de sensações que representa o movimento, é o desejo não pela satisfação, mas pelo continuar desejando (Baumann, 1999).

O desejo pelo movimento ocasionado pelo consumismo, o fácil descarte de serviços, produtos e até mesmo de relações humanas, não impacta apenas o poder de compra, mas o convívio social como um todo, e isso engloba também a escola, a qual é constituída na sociedade (Baumann, 1999; Costa, 2012). Isso exige que o professor esteja sempre em movimento, em constante atualização, buscando por inovações referentes a metodologias, tecnologias, falas contemporâneas, entre outros. Essas demandas geram cobranças por parte dos docentes para com sua própria prática, muitas vezes uma cobrança exagerada e injusta, pois não há uma "fórmula mágica" para lidar com o processo de ensino de maneira geral. Nesse sentido, o professor sofre com a expectativa esperada para que não fique à deriva, com relação às demandas educacionais que surgem, para que este fique situado no seu tempo (Gomes, 2006; Costa, 2012).

Ao considerar as mudanças que permeiam a sociedade e, consequentemente, o contexto educacional, é muito importante o ato de refletir sobre a própria prática, sobre o contexto atual do ensino, e isso implica nas reflexões sobre o currículo, que pode ser compreendido como um caminho, um percurso, uma orientação flexível acerca do ensino (Pinheiro; Nascimento, 2018). Este, resultado de uma construção histórica e política, ou seja, advinda de tradições; afinal, uma das características da sociedade é seguir a tradição, as quais não podem e não devem ser descartadas, mesmo que elas não nos interpelem mais completamente. Ou seja, de que as coisas não existam para sempre da mesma forma, mas que se reinventem, e para isso é essencial se desprender das amarras que mantem o professor preso ao tradicional e que não o auxilia mais no seu dever enquanto docente, para que assim, ele possa se reinventar, se revitalizar.

Segundo Hornburg e Silva (2007), um movimento de maior preocupação com o currículo surgiu em função da massificação do processo escolar a partir das demandas de intensa industrialização que emergiam dessa época. Como o currículo

é uma constituição histórica, e passível de transformações ao longo do tempo, torna-se interessante citar os três grandes tempos históricos que permeiam o fazer pedagógico e curricular. Segundo Corazza (2005), o primeiro é referente ao Tempo da Neutralidade Iluminada, muito ligado aos aspectos religiosos, onde os professores se compreendiam como doutrinadores com a missão de moldar os seus alunos de acordo com valores e percepções de mundo corretas e universais, buscando uma mediação entre o divino e a humanidade. Esse período que durou de meados do século XIX até o século XX, foi impulsionado por descobertas científicas e tecnológicas, e com o tempo a questão religiosa foi posta de lado e houve uma mudança de foco para o contexto científico e filosófico. Ainda assim, os professores continuavam agindo da mesma forma, como se fossem neutros e iluminados, educando para uma Ciência extremamente técnica (Corazza, 2005).

A partir da inclusão de segundo tempo histórico (ao considerar que não exista uma linearidade no processo de pensar e conceber os currículos, mas sim, tendências que permearam períodos e, que inclusive ainda podem se fazer presentes), surgiu o que a autora chama de Tempo da Suspeita Absoluta, houve uma espécie de desconfiança de tudo que havia surgido em termos educacionais. Com isso, emergiram dois caminhos: um seria dos liberais, a serviço do capitalismo; e o outro dos marxistas, que se opunham fortemente à neutralidade iluminada. O marxismo foi importante para questionar o papel da escola frente as desigualdades sociais e para descontruir a neutralidade existente na época, relacionando o saber, o poder e a identidade, formas de controle e regulação. Assim, criou-se uma grande escola da suspeita, onde a profissão docente não mais deveria ser vista como de cunho vocacional. É o tempo do currículo crítico, radical, emancipatório e da educação libertadora de Paulo Freire (Corazza, 2005).

O terceiro tempo, denominado Desafio da Diferença Pura, aproxima-se mais ao presente contexto em que vivemos. Todas as concepções e práticas apontam a existência de diferentes, de excluídos, de oprimidos, de subordinados, sejam eles pretos, colonos, homossexuais, mulheres, deficientes, enfim. São puros pois são genuinamente diferentes, diversos, distintos, não-idênticos. Nesse sentido, surgiram marcadores sociais que ressaltam a necessidade de abranger a educação a todos os grupos, o que torna a escola um lugar mais cultural e diverso (Corazza, 2005). Afinal, como já dito antes, a educação é capaz de relacionar o conhecimento, a identidade e

o poder, e o currículo como um movimento de selecionar, tem o poder de escolha de uma identidade em detrimento de outras, pois o currículo deve estar pautado no “tipo, modelo” de estudante e de futuro cidadão que se deseja formar. Ou seja, torna-se uma forma de regulação através do poder, tendo como consequência, algumas vezes, um processo hegemônico (Silva, 1999).

Para evitar uma hegemonia e respeitar a diversidade cultural disponível na educação, é preciso desacreditar de teorias tradicionais em que o currículo é tido como neutro e desinteressado. Nesse sentido, demanda refletir sobre concepções críticas e pós-críticas sobre o currículo, onde a neutralidade dá lugar a aceitação da existência de relações de poder, onde se percebe que ensinar não é óbvio, e que, além do como ensinar, devemos nos focar nas questões sobre o quê e o porquê ensinar determinados conteúdos (Silva, 1999). Afinal, como descrito no trecho a seguir: é imprescindível pensar sobre o currículo, pois:

> [...] percebemos o currículo como importante parte integrante do dia-a-dia da escola que exercerá influência direta nos sujeitos que fazem parte do processo escolar e da sociedade em geral, determinando a visão de mundo não só dessa sociedade, mas também de nossas atitudes e decisões neste meio (Hornburg; Silva, 2007, p. 1).

O currículo é uma forma de organização que permeia a ação docente, porém não é algo simples, pois representa estrutura e objetivos da educação. Ele reflete o modo como se organiza a escola, como ocorre o planejamento de percurso educacional e orienta a prática pedagógica (Hornburg; Silva, 2007).

> É por meio do currículo e na escola que as crianças devem exercer práticas democráticas. No processo educacional, elas deverão participar, discutir e colocar em questão as práticas sociais, políticas e econômicas, analisando seu contexto e percebendo seu caráter de controle. Assim, poderão ter atitudes de emancipação e libertação. Os professores possuem responsabilidade no sentido de serem pessoas atuantes neste processo, permitindo e instigando o aluno a participar e questionar, bem como propondo questões para que reflitam. Os estudantes devem ter seu espaço para serem ouvidos e suas idéias serem consideradas (Hornburg; Silva, 2007, p. 4).

A partir do excerto apresentado, pode-se dizer que a simples transmissão de informações não é mais condizente com o que se deve produzir para a educação da contemporaneidade. Ao contrário disso, que sejamos, cada vez mais, professores e estudantes reflexivos, questionadores, críticos. O currículo deve ser pensado a partir dos objetivos que se tem enquanto professor, com relação a formação que se deseja ofertar. Ele, por sua vez, não pode ser como apresentado em teorias tradicionais – mecânico e burocrático – pois não se pode acreditar em um currículo neutro; afinal,

ele é rodeado por relações de poder e controle, havendo todo um contexto social, político e ideológico que o cerca, explicita ou implicitamente (Hornburg; Silva, 2007).

Em virtude de tudo que foi exposto até então, torna-se possível compreender que currículo vai muito além de uma simples seleção e prescrição de conteúdos a serem ensinados. Afinal, é por meio dele que se faz todo um percurso metodológico a ser seguido, a fim de alcançar os objetivos planejados para os processos de ensino e de aprendizagem dos diferentes conhecimentos (Corazza, 2005; Silva, 1999). O currículo historicamente estabelece uma forma de organização do conhecimento escolar pretendida, e com o progresso na construção do conhecimento científico se concretizou rupturas com relação a Ciência e outros campos de estudo que a permeiam, o que deu origem a uma fragmentação e especialização do conhecimento (Thiesen, 2008). Como destacado no trecho a seguir:

> A especialização do conhecimento científico é uma tendência que nada tem de acidental. Ao contrário, é condição de possibilidade do próprio progresso do conhecimento, expressão das exigências analíticas que caracterizam o programa de desenvolvimento da ciência que vem dos gregos e que foi reforçado no século XVII, principalmente com Galileu e Descartes. Para lá das diferenças que os distinguem, eles comungam de uma mesma perspectiva metódica: pelo método indutivo, dividir o objeto de estudo para estudar finamente seus elementos constituintes e, depois, recompor o todo a partir daí (Thiesen, 2008, p. 548).

Como se percebe, há uma fragmentação, de certa forma, necessária para o avanço do conhecimento científico, pois para promover o aprofundamento sobre determinado tema, é preciso especificar sobre o objeto a ser estudado (Thiesen, 2008). Isso também é evidenciado por Gallo (2004, p. 105):

> Com o desenvolvimento da ciência moderna, torna-se cada vez mais difícil (e virtualmente impossível) que alguém possa dedicar-se a todos os campos de saberes, visando uma compreensão total do real, dada a quantidade e complexidade de saberes que vão sendo produzidos. Emerge, então, a especialização. A ciência moderna se autonomiza e se especializa em torno de seu objeto. Ele é o foco central do qual depende sua identidade. E cada vez mais o cientista volta-se para seu objeto, tornando autônomo, sem se preocupar com o que está a sua volta (Gallo, 2004, p. 105).

Da mesma forma que a especialização do conhecimento pode auxiliar, potencializar a produção da Ciência, ela gera um distanciamento, isolamento desse objeto de estudo, fazendo com que ele perca sua conexão com o todo (Gallo, 2004). Isso causa problemas na articulação desse conhecimento[1] com os demais, incluindo os escolares, onde a mera fragmentação não é interessante e nem desejável, haja vista a importância de uma abordagem mais contextual e interdisciplinar dos conhecimentos para que os indivíduos possam se apropriar e se utilizar deles para a vida social e cotidiana (Thiesen, 2008).

A contextualização e a interdisciplinaridade são defendidas, entre outros argumentos, porque o conhecimento científico produzido muitas vezes acaba sendo trabalhado de maneira linear e fragmentada nas escolas, e sabe-se que a Ciência utilizada na vida escolar e cotidiana não é objetiva, bem delimitada, nem aproblemática (Pérez et al., 2001). A intenção não é estabelecer uma relação artificial entre os conhecimentos cotidianos e científicos, mas, sim, buscar nas contradições encontradas em situações corriqueiras, estímulo para perseguir novas e/ou melhores explicações sobre os fenômenos, de forma a compreendê-los mais ampla e profundamente (Thiesen, 2008; Santos, 2007).

Então, mesmo a produção do conhecimento científico sendo uma ação humana, criada com o intuito de sanar, mesmo que de forma parcial, suas dúvidas e problemas cotidianos, através do desenvolvimento aprofundado, o conhecimento científico acaba por ser afastar da vida humana e do contexto cotidiano em função da sua especialização. E isso dificulta essa articulação e utilização da Ciência como forma de explicação de fenômenos observados no dia a dia dos indivíduos: “Em suma, a ciência deixa de dizer respeito a vida humana e passa a agir como um organismo autônomo, segundo a lógica de que o que importa é o saber pelo saber” (Gallo, 2004, p. 106). Todo esse processo de especialização do conhecimento que o coloca em uma perspectiva de autonomia e o distancia de um entendimento para a vida cotidiana, contribuiu para que o currículo escolar fosse articulado a disciplinaridade da Ciência: um processo que não ocorreu apenas na área de Ciências Exatas, mas se estendeu, também, a todas as outras áreas (Gallo, 2004).

[1] No presente trabalho, mesmo sabendo que podem existir diferentes significados para os termos ‘conhecimento’ e ‘saber’, inclusive no contexto dos referenciais citadas, não há uma preocupação com a diferenciação dos mesmos, ainda que preferencialmente tendemos a usar a palavra conhecimento que, mais adiante, serão associados e conceituados com base em Alice Lopes (1999).

Como maneira de minimizar os problemas causados pela fragmentação e disciplinarização dos conhecimentos, ocasionados pelo processo de especialização, e que parecem perdurar até os dias de hoje, surge a interdisciplinaridade que está ligada ao modo como se organiza o conhecimento, ou seja, como uma perspectiva de currículo escolar (Thiesen, 2008). Esta deve orientar uma prática que articule o ambiente social e escolar do estudante, com uma concepção mais coerente com a natureza das Ciências, de seus métodos e conhecimentos produzidos, como no trecho destacado a seguir:

> [...] o alargamento do conceito de ciência é tão profundo que muitas vezes é difícil estabelecer a fronteira entre a ciência e a política, a ciência e a economia, a ciência e a vida das comunidades humanas, a ciência e a arte e assim por diante. Por isso, quanto mais interdisciplinar for o trabalho docente, quanto maiores forem as relações conceituais estabelecidas entre as diferentes ciências, quanto mais problematizantes, estimuladores, desafiantes e dialéticos forem os métodos de ensino, maior será a possibilidade de apreensão do mundo pelos sujeitos que aprendem (Thiesen, 2008, p. 552).

Uma proposta curricular interdisciplinar pode oferecer uma reconexão entre os diferentes conhecimentos e os diferentes objetos de estudo da Ciência, a partir da abordagem de determinado tema diante da perspectiva de várias disciplinas (Cortez; Del Pino, 2017). Por exemplo, pode-se mencionar o desenvolvimento do projeto “Ciências com sabor”, desenvolvido em nove turmas do Ensino Médio de uma escola do estado de Minas Gerais, em que se utilizou uma prática culinária, que faz parte do dia-a-dia de todos, para abordar sobre conceitos físicos, matemáticos e químicos, ao trabalhar com: medidas e unidades, processos de transferência de calor, escalas de temperatura, estados físicos da matéria, densidade, misturas e reações, porcentagem, frações, formas geométricas e outros, ao trabalhar com a elaboração de receitas (referentes a *cupcakes* e gelatina), por meio de observações, questionamentos e análises realizadas durante a prática. Como resultados, obtidos através de questionários entregues aos estudantes, apontou-se um grande interesse e curiosidade com relação a proposta do projeto, conseguindo estabelecer relações entre o cotidiano e os conceitos científicos discutidos, havendo indícios de progresso em relação à compreensão dos conceitos trabalhados (Moreira, 2021).

Segundo Gonzaga, Santander e Regiani (2019), a abordagem socioeconômica de um contexto histórico também pode resultar em uma abordagem mais interessante para os estudantes sobre conteúdos da Química, como foi observado a partir da realização de uma oficina em uma escola pública de Ensino Médio do estado de Santa

Catarina. No trabalho, discutiu-se sobre a Química envolvida no processo de beneficiamento da cana-de-açúcar para obtenção de açúcar e álcool, dando destaque a cultura dos escravos africanos que trabalhavam nas plantações, considerando aspectos históricos do Brasil. A prática interdisciplinar envolveu conceitos químicos referentes a átomos, moléculas, reações químicas, fermentação, entre outros; e também, importantes questões relacionadas a história e as culturas afro-brasileiras. O estudo evidenciou a importância de realizar propostas interdisciplinares, a partir de discussões integradas entre a Ciência e a História da sociedade, a partir do tema da produção de cana-de-açúcar, ao mesmo tempo que permita trabalhar conceitos químicos, contribuiu para a diminuição de preconceitos e da disseminação do racismo na sociedade (Gonzaga; Santander; Regiani, 2019).

Os exemplos de implementação de propostas interdisciplinares permitem perceber que a articulação curricular é muito importante para inserir novas e criativas formas de promover o ensino do conhecimento químico escolar (Moreira, 2021; Gonzaga; Santander; Regiani, 2019). Nesse sentido, a inovação na educação pode estar dentre outras coisas, relacionada a interdisciplinaridade, de acordo com o modo como os docentes conduzem o processo de ensino, buscando meios de propor novas práticas, novos temas, utilizando da contextualização e da integração de diferentes áreas do conhecimento, como apontado por Maceno e Guimarães (2013) e Moreira (2021). Ao mesmo tempo, a interdisciplinaridade pode representar peça-chave para o desenvolvimento da inovação, tendo em vista que cada vez mais ao pensar novas tendências será necessário articular currículos interdisciplinares, que deem conta de expressar todas as faces dos conhecimentos científico e tecnológico em prol do ato de inovar (Carvalho; Oliveira; Godinho, 2019).

Ainda dentro dessa perspectiva de relação direta entre o currículo e as formas de conhecimento, em que o currículo representa uma forma de organização e de planejamento reflexivo, almejado para a condução e o desenvolvimento do processo de ensino, é importante destacar o currículo como forma de instituir a cultura como produção humana e social, como destacado por Lopes (1999):

> Os pesquisadores em Currículo, e em Educação de uma forma geral dentro de uma linha tradicional ou crítica, parecem estar de acordo quanto à cultura ser o conteúdo substancial do processo educativo e o currículo a forma institucionalizada de transmitir e reelaborar a cultura de uma sociedade, perpetuando-a como produção social garantidora da especificidade humana. Em dado contexto histórico, são selecionados os conteúdos da cultura, considerados necessários às gerações mais novas, constituintes do conhecimento escolar. A concepção que se tem de cultura será, portanto,

> definidora de como se compreende o conhecimento escolar (Lopes, 1999, p. 63).

Nesse sentido, para compreender a relação entre o currículo e o conhecimento escolar, deve-se ter explicita a ideia de que este contribui para instituição da cultura de uma sociedade, a partir do momento em que seleciona conteúdos a serem ensinados e que constituem o conhecimento escolar (Lopes, 1999). Como maneira de melhor compreender sobre o conhecimento escolar e suas inter-relações com outras tipologias de conhecimento (como no caso, científico e cotidiano), o próximo subcapítulo (2.2) apresenta algumas concepções que permeiam esses temas de discussão.

2.2 Relações entre os conhecimentos Científico, Cotidiano e Escolar

O conhecimento pode ser compreendido como um conjunto sistematizado de ideias, conceitos, teorias que buscam explicar e tornar possível a atuação no mundo (Zucula; Aguilar Júnior, 2018). Dessa forma, podemos entender que o conhecimento é constituído através de interações entre os sujeitos, e ele é capaz de contribuir para a evolução da sociedade (Zucula; Aguilar Júnior, 2018). A partir da busca por atender demandas sociais, é estimulado o ato de inovar, a fim de estabelecer melhorias no contexto da sociedade, o que é um modo de promover a construção de novos conhecimentos (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Afinal, historicamente a construção do conhecimento está atrelada a necessidade do ser humano em relação a sua própria sobrevivência e supervisão da natureza. Isso demonstra que o modo de produção do conhecimento está diretamente interligado a interesses que podem ser coletivos ou particulares, os quais motivam e impulsionam a elaboração de tecnologias capazes de auxiliar nesse processo de produção do conhecimento (Gallo, 2004).

Embora possa haver diversas formas de percepção sobre tudo que envolve o conhecimento, um consenso entre vários autores, como por exemplo, Lopes (1999), Chevallard (1991), Marandino (2004), que se dedicam a investigar sobre esse assunto, é de que há especificidades e diferenças entre “formas” de conhecimento. Segundo Lopes (1999, p. 206): “A perspectiva de constituição de um conhecimento propriamente escolar surge mais precisamente com a noção de transposição didática.”

Yves Chevallard, ao abordar essa teoria, defende a ideia de que “o saber científico, construído nos centros de pesquisa e desenvolvimento, difere do saber escolar em natureza e finalidade” (Melzer; Silva; Simões Neto, 2016, p. 102). Segundo o pesquisador, há três tipos de saberes envolvidos na transposição didática, a qual seria um processo em que ocorre uma série de transformações e adaptações, de um saber sábio, oriundo das comunidades científicas, até este ser transposto para materiais didáticos e, por fim, ser inserido dentro da sala de aula (Melzer; Silva; Simões Neto, 2016).

Em meio a esse contexto, o saber sábio pode ser compreendido como científico, acadêmico, de referência. Este saber tem como características ser fechado e restrito à determinadas comunidades, em função de ser especializado, possuir sua própria simbologia e linguagem, por isso aqueles que desejam compreendê-lo precisam de uma certa iniciação relacionada a Ciência, mesmo que na atualidade ele seja acessível por meio de bases de dados e indexadores. Dessa forma, pode-se dizer que o saber sábio/científico é produzido em centros específicos de pesquisa, e comunicado em eventos, periódicos e livros técnicos, utilizando de todo processo de codificação que a Ciência “bruta” requer (Melzer; Silva; Simões Neto, 2016).

De acordo com a perspectiva de Chevallard, quando o saber sábio passa por uma reorganização, de modo a ser transposto para manuais e livros didáticos e posteriormente inserido nas escolas, ele pode então ser denominado de saber a ensinar. Esse “novo” saber gerado possui uma organização própria, em que se almeja um movimento crescente de dificuldade e, muitas vezes, origina uma concepção linear e atemporal sobre o processo científico (Melzer; Silva; Simões Neto, 2016). Por fim, mediante a teoria do processo de transposição didática, existe ainda o saber ensinado, esse consiste no que é de fato inserido e trabalhado em sala de aula. De acordo com as concepções de cada professor, suas experiências, o que é determinado pela comunidade escolar e os materiais didáticos disponíveis, o docente possui o papel de deliberar e interpretar sobre o saber a ensinar, em função do que julga necessário no processo de ensino (Melzer; Silva; Simões Neto, 2016).

O processo de transposição didática é permeado por uma compreensão de que a escola não possui apenas a função de determinar sobre o que deve ser ensinado, dado um certo período histórico-cultural, mas de possibilitar a *transmissão* dos conhecimentos e, nessa perspectiva, devemos ressaltar que essa concepção explica

o processo de transformação dos conhecimentos no determinado contexto de uma época em que o ensino era pautado em processos mais tradicionais. Sendo assim, o grande obstáculo referente à forma de apropriação do conhecimento científico pela escola, em que a partir do processo de transposição de didática, ocorre o afastamento do conceito de sua historicidade, sujeitos, contextos e problemática de pesquisa (Lopes, 1999).

Entretanto, assim como Lopes (1999; 2007) e Sangiogo (2010), defendemos a ideia de que o termo *transposição* remete à uma concepção mais tradicional do processo de ensino, circundado pela mera reprodução dos conhecimentos, ao ponto em que estes são movidos do meio científico e transportados ao contexto escolar. Dessa forma, o processo de transpor conhecimentos passa a não ser coerente com uma perspectiva baseada em ideais construtivistas - em que se considera o processo histórico de construção, de conjunto de problemas que envolvem determinado conceito - e assim, pode remeter a ideia de ensino mecânico, memorístico e sem sentido à vida do estudante, como se pode observar no exemplo descrito a seguir:

> Em Química, um exemplo que caracteriza esse processo claramente é o tratamento conferido à estrutura atômica. Os princípios de Mecânica Quântica passam a ser discutidos no ensino brasileiro a partir da década de 50, como uma das consequências do processo de inovação educacional do ensino de ciências ocorrido no pós-guerra que, entre outros aspectos, divulgou no país os projetos americanos para o ensino de Ciências. A apropriação de conceitos como orbital, distribuição eletrônica, ou de princípios como o de Heisenberg (Princípio da Incerteza), feita por livros didáticos, banalizou-os de tal modo que assumiram significados completamente díspares em relação aos originais. A Mecânica Quântica, que originalmente rompe com concepções realistas da ciência e estabelece uma descontinuidade com o mundo macroscópico, é transmitida como essencialmente realista e esquemática. O processo de distribuição eletrônica, que possui um significado fundamental para compreensão da estrutura molecular em Química, passa a ser considerado no ensino médio como uma espécie de jogo: conhecidas as regras de preenchimento dos orbitais, nada mais fácil do que neles “colocar” os elétrons (Lopes, 1999, p. 209).

Em meio a essas considerações, corroboramos com a teoria do *processo de mediação didática*, defendida por Lopes (1999). Segundo a autora, o termo “mediação”, não deve ser assumido como o estabelecimento de uma mera relação entre duas ou mais coisas, pois o intuito não é apenas estruturar uma ponte intermediária, mas sim, *construir* uma relação de *dialogicidade* permanente, contraditória e complexa. Esse processo dialógico da mediação didática é complexo e contraditório, porque ao mesmo tempo em busca criar configurações cognitivas próprias para o conhecimento escolar, visa socializar o conhecimento científico e

instituir o conhecimento cotidiano pertencente a sociedade. Como argumenta Lopes (1999, p. 216):

> Em outras palavras, a escola tem o objetivo explícito de ministrar uma formação científica, ao mesmo tempo que possui por objetivo implícito formar o conhecimento cotidiano, fazer com que o aluno incorpore cotidianamente, não apenas conhecimentos científicos, mas valores e princípios de uma dada sociedade.

Dentro dessa perspectiva, assumimos a inegável distinção que existe entre as diferentes formas de conhecimento, como dos que integram os conhecimentos: científico, escolar e cotidiano. Isso parte da análise de seus objetivos, onde o conhecimento científico que é oriundo de investigações pautadas em metodologias científicas e estudos sistematizados, trata da pesquisa como busca constante por novos saberes ou a retificação de saberes (ou conhecimentos científicos) já conhecidos (Lopes, 1997a).

No que tange o conhecimento cotidiano, ele pode ser compreendido como um saber social, não comprovado cientificamente, e, por isso, não necessariamente considerado um conhecimento, bem como, em função das diferenciações semânticas que existem entre saber e conhecimento (Veiga-Neto; Nogueira, 2010), constituinte da cultura dos indivíduos, passado de geração em geração (Lopes, 1999). Como destacado por Sangiogo e Zanon (2014, p. 154):

> Diferentemente dos conhecimentos científicos, os conhecimentos cotidianos são desenvolvidos de forma ‘colada’ a situações reais. Sentidos produzidos em interações circunstanciais, mediante influências da mídia e interlocuções com menores graus de assimetria constituem as individualidades dos sujeitos.

É, portanto, um saber ou conhecimento (conforme utilizado no referencial base deste trabalho, de Alice Lopes) que gera discussões e opiniões controversas com relação ao modo como pode se dar sua abordagem no contexto escolar, pois ora é compreendido como uma concepção prévia capaz de atrapalhar no processo de aprendizagem, ora é compreendido como meio importante para abordar temas científicos. Fato é que não é simples superar as convicções construídas a partir do senso comum, o que representa um desafio para a construção do conhecimento científico e escolar, sendo que à escola representa espaço promissor a articulação e mediação dessas formas de conhecimento (Bachelard, 1996; Lopes, 1999).

Diferente dos conhecimentos científico e cotidiano, o conhecimento escolar deve ser construído de maneira a tornar acessível aos estudantes a compreensão e apropriação de conhecimentos que têm origem na Ciência, através de um processo

de mediação didática, ou seja, uma forma de “facilitação” dos processos de ensino e aprendizagem, sem perder a disciplinarização (Lopes, 1997a). O processo de didatização não pode ser entendido como uma vulgarização, adaptação ou reprodução da Ciência, sendo que “o trabalho de didatização acaba por implicar, necessariamente, uma atividade de produção original” (Lopes, 1999, p. 2018). Para isso é importante que docentes e pesquisadores da área do ensino compreendam o que os estudantes não entendem e, assim, possam estabelecer estratégias, a fim de superar obstáculos pedagógicos associados ao ensino, à elaboração conceitual de conhecimentos ensinados na escola, em analogia a obstáculos epistemológicos que constituem a Ciência (Bachelard, 1996; Lopes, 1999; Sangiogo, 2010, 2014).

O conhecimento escolar é um tema bastante complexo, pois “permeia embates em torno da concepção do próprio papel da escola enquanto instituição social” (Zucula; Aguilar Júnior, 2018, p. 230). Também é possível afirmar que o conhecimento escolar não está pautado apenas no conteúdo que é ensinado nas escolas, pois perpassa por questões referentes a organização do currículo, das disciplinas, ao contexto social, econômico e político (Lopes, 1997a).

Além das perspectivas de processo de transposição didática de Yves Chevallard e de processo de mediação didática de Alice Lopes, que abordam sobre as mudanças que ocorrem como maneira de viabilizar o ensino do conhecimento oriundo da Ciência, existem outras teorias no contexto de estudos que envolvem a formação de professores e o seu trabalho de transformação de formas de conhecimento, como por exemplo, a que trata da necessidade de um conhecimento pedagógico do conteúdo (Shulman, 2014), e o coloca como sendo tão essencial quanto o domínio sobre outros conhecimentos, como o de conteúdo, o pedagógico geral, o do currículo, dos alunos, dos contextos educacionais e de história e filosofia da educação.

Uma outra teoria envolve a recontextualização didática, que trata sobre o discurso pedagógico como um princípio capaz de aprimorar outros discursos, deslocando-os de seu contexto específico, e os recolocando de acordo com o foco que se necessita ter em função de determinado propósito (Marandino, 2004). Nesse sentido, o princípio recontextualizador que envolve o discurso pedagógico que “age de forma seletiva, apropriando, refocalizando e relacionando outros discursos a partir de sua própria ordem, tornando-os um outro discurso” (Marandino, 2004, p. 103).

Nesse processo, para que se construa o discurso pedagógico é importante que se controle as relações entre poder, conhecimento, consciência e prática (Marandino, 2004).

Outros estudos buscam analisar os movimentos que constituem uma transformação didática que perpassa diferentes concepções e conhecimentos (disciplinar, metadisciplinar, psicopedagógico e do contexto) do professor, a fim de auxiliar no processo de ensino de um determinado conteúdo e disciplina (Penagos; Lozano, 2008; De Paula, 2022). Esse processo ocorre quando se realiza a integração didática. Nela, o intuito é reconhecer a existência de conhecimentos escolares que se articulam à conhecimentos cotidianos e científicos, e nesse sentido buscam criar uma maior complexidade de pensamento e de compreensão dos estudantes e professores. Sendo assim, a didática seria um campo de conhecimento capaz de proporcionar a integração entre distintos conhecimentos que irão se agregar, complementar e complexificar o entendimento sobre temas que serão ensinados (Penagos; Lozano, 2008).

Sob essas perspectivas, caberia ao estado e à escola a função de criar meios de viabilizar aos professores espaços e tempos para desencadear os processos de didatização dos conhecimentos científicos, com o intuito de torná-los acessíveis à compreensão dos estudantes da escola básica (Zucula; Aguilar Júnior, 2018). Lembrando-se sempre de que cada espaço escolar se constitui de diferentes realidades, e que o ensino deve atender às necessidades de formação para a vida cidadã, como destacado por Silva (2012):

> Observa-se que dentro de uma mesma sociedade há uma multiplicidade de culturas, de núcleos familiares e de diferenças econômicas, entre outros, e que estas novas propostas de educação devem se adequar ao aluno, procurando atender as necessidades de ensino de cada comunidade escolar e adaptando o currículo de acordo com a realidade no qual estes educandos estão inseridos. Muitas vezes esta adequação acaba não ocorrendo; então o currículo escolar e a proposta pedagógica distanciam-se da realidade destes alunos, tornando o processo de aprendizagem sem relevância e muitas vezes uma obrigação para eles. A obrigação de estarem presentes na escola, cobrados pela família, devido a sua idade ou por bolsas proporcionadas pelo governo – sendo que estas exigem apenas a sua frequência escolar – tira o foco importância de uma boa formação para o indivíduo, que contemple uma postura ética, a qual realmente acreditasse no desenvolvimento humano e na cidadania plena dentro da sociedade (Silva, 2012, p. 3).

A medida em que o tempo passa, e a sociedade se modifica a cada nova geração, surgem diferentes contextos históricos, culturais e sociais. Nesse sentido, a importância de procurar pela reconfiguração dos conhecimentos a partir da interação

histórico-cultural visando atender as demandas da sociedade. Afinal, cabe a escola viabilizar os processos de mediações desses conhecimentos, oportunizando a compreensão de linguagens, significados e explicações oriundas da cultura da Ciência (Lopes, 1999; Sangiogo; Marques, 2016).

Ao mesmo tempo, a escola deve ser compreendida como espaço que oportuniza e preza pela pluralidade cultural, tendo em vista que é um ambiente de interações entre os diferentes sujeitos (Lopes, 1999). Nesse contexto, o docente não pode entender a abordagem de ensino no contexto da imposição de uma cultura em detrimento de outras, nem buscar substituir os conhecimentos cotidianos, mas de considerar, de modo dialógico, as experiências e os conhecimentos diversos, inter-relacionado conhecimentos cotidianos e científicos (Lopes, 1999; Sangiogo; Zanon, 2014).

Nesse sentido, é importante compreender a relevância de estabelecer uma certa descontinuidade nos conhecimentos construídos pelos estudantes (Lopes, 1997), por meio de rupturas com o que é linear e contínuo, gerando assim "movimentos dialéticos de ir e vir" e possibilitando uma inter-relação entre os diferentes conhecimentos, como os que envolvem a produção de conceitos ensinados na escola (Vigotski, 2001; Sangiogo, 2014). As inter-relações entre conceitos de origem cotidiana e científica, no espaço escolar, mobilizam a configuração, a (re)construção do conhecimento escolar. Sendo assim, essa perspectiva de pluralidade cultural existente deve contribuir para uma maior reflexão sobre a diversidade de conhecimentos que compõem o contexto escolar, e que, portanto, coexistem e se relacionam entre si (Vigotski, 2001; Lopes, 1999; Sangiogo; Zanon, 2014).

Nesse processo de inter-relações de formas de conhecimento, pode-se permitir a compreensão de que o conhecimento científico se estabelece na problematização, compreensão e/ou superação do senso comum (Bachelard, 1996; Sangiogo, 2014). No entanto, é relevante considerar que os estudantes se utilizarão dos diferentes conhecimentos ao longo da vida, de acordo com as situações à que serão expostos, e sempre farão uso de diferentes tipologias de conhecimentos que ajudam a resolver problemas do seu dia a dia (Lopes, 1997a). No processo, cabe ao professor acompanhar o modo que estudantes se apropriam da Ciência, utiliza-se de questionamentos e de diálogos como forma de desconstruir a ideia de banalização da

Ciência e didatizar o conhecimento científico. Além disso, torna-se importante, também, desconfigurar a imagem de Ciência como dogmática, autoritária e inacessível ao estudante. Todos esses processos fazem parte da construção do conhecimento escolar que visa a aproximação com o científico, que inclui o diálogo sobre atitudes e formas de pensamento da comunidade científica (Lopes, 1997a). Até porque:

> Na atual sociedade do conhecimento e da informação, torna-se cada vez mais visível a incorporação de conhecimentos científicos à cultura cotidiana. Ampla circulação na mídia de documentários, reportagens, artigos e outros, constituem canais de acesso a informações e conhecimentos diversificados. (Sangiogo; Zanon, 2014, p. 154-155).

Entretanto, o modo como ocorre a inserção e a compreensão sobre a natureza dos conhecimentos científicos à cultura cotidiana nem sempre acontece de forma adequada, sem distorções e sendo favorável ao esclarecimento do papel da Ciência no desenvolvimento e progresso da sociedade. Como exemplo disso se pode mencionar a atual situação associada ao contexto da pandemia de COVID-19, causada pela disseminação do novo coronavírus (SARS-CoV-2) pelo mundo, iniciada em 2019, desde então, vem se evidenciando um movimento de negacionismo: uma "tendência de negar aquilo que é real como estratégia de escapar de uma realidade incômoda ou inconveniente para um indivíduo, um grupo de pessoas ou um setor da sociedade, incluindo governos" (Caruso; Marques, 2021, p. 1). Como destaca Marques e Raimundo (2021):

> O negacionismo científico cresceu significativamente nos últimos anos e tem se caracterizado como um fenômeno cada vez mais frequente de devaneio e acriticidade, o qual é propagado vertiginosamente pelas diversas redes sociais com o efeito de distorção dos fundamentos teóricos e dados científicos oriundos de anos de produção e pesquisa científica (p. 67).

Segundo os autores, o negacionismo científico ganhou força no Brasil, sobretudo em função de ideologias políticas envolvidas pelo conservadorismo, que foram disseminadas principalmente por meio da internet e redes sociais (Marques; Raimundo, 2021; Vilela; Selles, 2020). Nesse processo se desencadeou, por exemplo, uma resistência por parte da população à vacinação e ao isolamento social, além do baixo investimento no desenvolvimento científico do país, observado por meio dos cortes orçamentários (Vilela; Selles, 2020).

> Esse cenário assustador traz imensuráveis desafios à Ciência na sociedade e, especificamente à Educação em Ciências, sobretudo porque essa área de estudos veio se constituindo em diálogo com o pensamento crítico, construtivista e relativista. Diante do avanço do negacionismo científico e da circulação avassaladora de pós- verdades, nos cabe o enfrentamento de

> difíceis questões. Tomando como referência estudos que ressaltam o caráter humano e falível das ciências, e reunindo uma considerável literatura que aponta o autoritarismo científico, sua mitificação e os impactos na autoestima de estudantes (Reis, 2006; Hodson, 1998), cabe perguntar: em que medida os discursos que operam com uma visão crítica da ciência, tem impactos sobre a sociedade, em detrimento de sua contribuição ao conhecimento e à visão de mundo dos estudantes? Em que medida é possível seguir acentuando hoje as críticas necessárias à Ciência em um Brasil e em um mundo que tendem a colorir a suspeição? Como calibrar essa visão crítica na Educação em Ciências para não dar força ao negacionismo? (Vilela; Selles, 2020, p. 1725).

O intuito de propor questionamentos e, consequentemente, reflexões sobre o ensino de Ciências e de Química no contexto escolar, faz repensar o currículo, de modo a construir um conhecimento escolar pautado em discussões que explicitem o processo de funcionamento, da sua natureza, bem como a contribuição da Ciência para e na sociedade, utilizando do exercício da criticidade e respeitando discursos democráticos dos estudantes, como forma de enfrentar problemas, como o do negacionismo. Reflexões como essas, sobre natureza da Ciência, são desafiadoras na atualidade, pois ao mesmo tempo que buscam superar a visão dogmática, não podem dar crédito ou margem ao negacionismo (Vilela; Selles, 2020).

Ao dizer de outro modo, nesta tese, defendemos que as discussões que envolvem o currículo na Educação Básica ou na formação de professores, devem perpassar pela questão do ensino sobre Ciências (McComas, 2007). Esse tema, associado aos estudos sobre a natureza da Ciência, vem ganhando destaque e forma em diversos documentos curriculares no mundo todo nas últimas duas décadas (Moura; Camel; Guerra, 2020). Um exemplo disso é uma espécie de listagem de pontos importantes a serem discutidos em aulas que envolvem Ciência na Educação Básica, relacionada a natureza do conhecimento científico (McComas, 2007), que emergiu a partir de um consenso entre especialistas de diferentes áreas, e que serve como um guia, uma orientação prática para os professores sobre o tema, com pontos relacionados à história, à filosofia, à sociologia e à epistemologia da Ciência (McComas, 2007).

Em contrapartida, existem outras teorias sobre a natureza da Ciência no currículo, como por exemplo, a descrita pelo autor americano Douglas Allchin, conhecida por Ciência Integral (2011). Nela, o autor se põe contra a ideia de criar uma espécie de listagem do que seria, segundo ele: afirmações, asserções sobre a Ciência, com conceitos importantes sobre a natureza da Ciência, pois isso implicaria em uma compreensão mecânica e memorística, e não seria suficiente para despertar

a reflexão crítica dos estudantes sobre o todo que envolve a Ciência. Dessa forma, para evitar uma abordagem parcial sobre a natureza da Ciência, ele sugere utilizar casos autênticos, sendo históricos ou contemporâneos, como maneira de abordar sobre esse tema no contexto escolar (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Nesse sentido, é fundamental destacar pontos importantes que envolvem o processo de desenvolvimento do conhecimento científico, como por exemplo, que por ele ser uma construção humana, sofre interferência e influencia as demais culturas (McComas, 2007), relacionando-se assim com os conhecimentos cotidianos e escolares. Dessa forma, pensar sobre as inter-relações entre os conhecimentos científico, cotidiano e escolar, se torna fundamental e necessário, inclusive, para discutir sobre a atualização de temas e de conteúdos de ensino, dos processos de mediação desses conhecimentos científicos para a escola. Afinal, o desenvolvimento científico e tecnológico vem transformando e sendo transformado pela sociedade, ao mesmo passo que a sociedade se apropria, consome e/ou não conhece conceitos, questões sociais e ambientais articuladas à inovação e que constituem o contexto das inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Santos, Schnetzler, 2003; Santos; Mortimer, 2000).

Diante do exposto, torna-se fundamental a preocupação com a inovação que constitui os diferentes discursos, bem como pensar sobre a atualização de conteúdos e temas, a abordagem de discussões que envolvem as controvérsias da Ciência e os debates sobre temas sociais e escolares relacionados a problemas atuais, como por exemplo, das mudanças climáticas, da utilização de combustíveis fósseis e de fontes esgotáveis de obtenção de energia, que podem ter como aporte teórico os conhecimentos químicos discutidos na atualidade (Benedicto; Silva, 2018; Carvalho; Oliveira; Godinho, 2019; Greca et al., 2013; Lozano, 2019). Sendo assim, o próximo subcapítulo (2.3) destaca importantes características e relações do conhecimento científico e da inovação, em especial, da área da Química.

2.3 Algumas características do conhecimento científico em Química e a inovação

Historicamente a palavra Ciência remete para população no geral à estudos sobre Física, Química e Biologia (Wright, 1940), associada à disciplina de Ciências da escola, do Ensino Fundamental. Segundo Wright (1940), isso se deve, provavelmente,

em função deste conhecimento não ser tão vastamente disseminado e relacionado às esferas da vida cotidiana da sociedade e à associação ao campo das Ciências Exatas e da Natureza. No entanto, a palavra tem um significado próprio e abrange especificidades que podem ser diferentes a diversas áreas do conhecimento.

Atualmente, a atividade científica também é muito associada a inovação, e aos avanços tecnológicos que podem se refletir em diferentes áreas, mas ainda assim, muito atrelada aos seus produtos finais (Moura, 2000; Capes, 2019a), e pouco conhecida em relação ao percurso realizado por ela (Ciência) enquanto processo, o que possibilita a existência de determinadas concepções equivocadas sobre a Ciência, que ao contrário do que se costuma pensar, não é uma atividade pronta, acabada, absolutamente comprovada e neutra (Chalmers, 1993). Ou ainda, como aponta Pérez e colaboradores (2001), a Ciência não se caracteriza como estática, completamente racional e organizada; ela é um processo em constante evolução que envolve a elaboração de explicações e entidades teóricas e, portanto, também requer imaginação e criatividade (Pérez et al., 2001).

Gil Pérez et al. (2001) apresenta algumas das características do trabalho científico que são importantes de serem consideradas, como: a desconstrução da ideia de método científico único, mecanicamente aplicável e infalível (na verdade há um pluralismo metodológico); a recusa sobre o empirismo pautado no indutivismo (é necessário se considerar sobre as teorias e paradigmas); a existência do pensamento divergente, que se apoia em hipóteses, que submetem as teorias à testes e utiliza de aportes teóricos e experimentos; a busca pela coerência global, de resultados obtidos e de métodos utilizados sem estabelecer com isso dogmas irrefutáveis, afinal a Ciência busca por teorias gerais com o maior número possível de abrangência; a compreensão do caráter social do desenvolvimento científico, ao explicitar sobre o trabalho de grupo e o caráter social evolutivo da Ciência que busca atender as demandas da sociedade (Pérez et al., 2001, Stigar, Ruthes, Mendes, 2019).

Além disso, o que muitas vezes fica oculto sobre o processo científico é o fato dele sofrer interferências de diversas partes, como da economia, da política, da filosofia, da religião e de outras estruturas de poder (Lederman et al., 2002). O conhecimento científico é afetado por esferas e elementos da cultura em que está inserido, ao mesmo tempo que os afeta. Um exemplo disso pode ser constatado ao analisar a história da Ciência, que foi marcada pela imagem do cientista homem

branco e que com o passar do tempo cada vez mais têm a presença de mulheres no meio científico e acadêmico, o que se deu em função da luta pela igualdade de gênero, atualmente (Chassot, 2003). Dessa forma se pode facilmente perceber que a Ciência não consiste apenas no produto final que costuma ser apresentado, como o resultado de determinada pesquisa específica relacionada, por exemplo, à Física, à Química ou à Biologia (Lederman et al., 2002).

Ao se discutir sobre o conhecimento científico, seja em um sentido amplo e geral, ou no sentido especificamente direcionado à área da Química, é importante destacar que atualmente ainda existem equívocos que deturpam a visão da sociedade em relação a esse assunto. Isso ocorre, em parte, porque a Ciência e a área da Química são dotadas de linguagens próprias, o que pode dificultar sua compreensão:

> Na química como ciência histórica-culturalmente criada, pesquisadores fazem uso de uma linguagem própria, sem a qual não é possível sua compreensão (em nível atômico-molecular) sobre materiais e transformações, ou seja, para além das percepções pelos sentidos (Sangiogo; Zanon, 2014, p. 154).

Além das especificidades relacionadas à linguagem de determinado campo de estudo, e que permeiam a Ciência como um todo, existe outros fatores para percepções equivocadas com relação ao conhecimento científico, como destaca Lopes (1999):

> O senso comum ainda tende a interpretar o conhecimento científico como equivalente a todo conhecimento objetivo, verdadeiro em termos absolutos, não ideológico por excelência, sem influência da subjetividade e, fundamentalmente, des-coberto e provado a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimentação (Lopes, 1999, p. 106).

Além disso, a medida em que a Ciência avança e expande o conhecimento produzido a partir de seu progresso e busca por inovação (Mota, 2011), amplia-se a sua complexidade, dificultando ainda mais o seu entendimento, gerando um processo de estranhamento, e aumentando a sensação de que o conhecimento científico é inalcançável e inatingível à boa parte da sociedade. Isso configura um problema, em virtude da importante função que o conhecimento científico assume na vida da população quando passa a ser utilizado como forma de desconstruir processos de opressão e alienação, auxiliando na atuação política, social e cidadã dos sujeitos (Lopes, 1999). Por isso é crucial refletir, discutir e disseminar sobre algumas características importantes que podem auxiliar na compreensão da Ciência, a qual pode ser entendida como uma forma de ver e interpretar o mundo, que busca a

investigação sobre um objeto, seguindo critérios de validação, como mais bem descrito no trecho a seguir:

> O primeiro traço característico é de que a ciência é uma visão da realidade: a ciência é uma representação abstrata, sob a forma de conceitos, que se apresenta, com razão, como uma representação, não como um reflexo, do real. Segundo, a ciência visa a objetos para descrever e explicar, e não para agir, como num grande jogo do conhecimento. Terceiro, a ciência se preocupa com critérios de validação. Contudo, não se trata de uma validação pelo experimento: a verificação de um fato científico — que por ser científico já é uma construção — depende de uma interpretação ordenada, dentro de uma teoria explícita (Lopes, 1999, p. 109).

É fundamental refletir sobre o que é a Ciência e o seu produto - o conhecimento científico - construído em um complexo processo, o que pode contribuir para minimizar as visões deformadas sobre ela (Pérez et al., 2001).

Ao considerar a construção do conhecimento científico como um processo em constante mudança e transformação, a comunidade científica objetiva o desenvolvimento de novos conhecimentos, novas técnicas, novas questões a serem estudadas, novas metodologias, entre outros (Mota; Scott, 2014). É em meio a esse contexto que surge o conceito de inovação, o qual não é de simples definição, em função dos variados contextos em que essa palavra costuma ser aplicada. Segundo Mota e Scott (2014, p. 30):

> A inovação está se tornando mais central no processo de produção do conhecimento, seu conceito está ficando mais abrangente e vai além de ser um possível produto final do processo, podendo ser, cada vez mais, igualmente a fonte de estímulo do conhecimento original (Mota; Scott, 2014, p. 30).

Mesmo percebendo a inovação como o sucesso na utilização de uma invenção (Miron; Cavalcanti; Wongtschowsk, 2005), ela não deve ser compreendida apenas como algo decorrente de um processo, que deu origem a um produto ou resultado, pois ela pode ser também o percurso. Ainda, a inovação pode ser utilizada como uma palavra que impulsiona novas buscas e descobertas (Mota; Scott, 2014; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

A inovação dentro desse contexto, ainda pode ser pensada segundo a definição fornecida pela Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes):

> Inovação: consiste na introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características à produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho (Capes, 2019a, p. 9).

Nesse sentido, a inovação corresponde à instituição de novidades que, de alguma maneira, tendem a contribuir para o desenvolvimento de melhorias, as quais terão como processo e alcance final, a sociedade e seu modo de vida. Por isso, com base no conceito apresentado, é importante ressaltar que para atingir a marca de inovador, pode não ser suficiente em determinados casos que o conhecimento apenas exista, seja descoberto e/ou construído, é necessário que ele resulte em alguma finalidade e que contribua para o ganho de qualidade (Capes, 2019a).

Diante ao exposto, podemos entender que seja fundamental que a população participe e tenha acesso a esse “novo” conhecimento, para que ele possa ser considerado inovador. Segundo o Documento da Área da Química, que regulamenta a pós-graduação no país, o Brasil pode ser considerado um importante produtor de Ciência, ainda que “a transformação desse conhecimento gerado pela comunidade científica ainda está longe de resultar em crescimento social e econômico” (Capes, 2019b, p. 4). Ou seja, o documento da área destaca a relevância do setor químico para a produção de inovação, porém ela não vem sendo amplamente difundida, de modo a alcançar a sociedade. O documento relata sobre dificuldades em articular o conhecimento produzido com a sociedade, a economia e a vida da população (Capes, 2019b).

Segundo Miron, Cavalcanti e Wongtschowski (2005), a inovação no setor químico contribui para o aperfeiçoamento, a produção de novos materiais e os processos de sua obtenção:

> A inovação é a principal ferramenta no setor químico para manutenção de sua competitividade e para seu crescimento, seja através da melhoria da qualidade de seus produtos, de seus processos e serviços, da redução de seus custos de produção e, fundamentalmente, do lançamento de novos produtos ou produtos customizados atendendo a requisitos definidos (Miron; Cavalcanti; Wongtschowski , 2005, p. 86).

Ao apresentar a importância da inovação para o setor químico, o que nitidamente reflete na economia do país e impacta a sociedade, positiva ou negativamente, podemos pensar nas instituições responsáveis pela produção dessas inovações. No Brasil, um dos maiores centros de produção do conhecimento químico e da inovação, nesse ramo, são as universidades, por serem as principais representantes na formação de profissionais da área, além das empresas e dos institutos de pesquisa (Miron; Cavalcanti; Wongtschowski, 2005; Capes, 2019a). Ao compreender essas inter-relações existentes na inovação entre universidade, centros

de pesquisa e empresas, ainda é possível destacar alguns fatores que interferem no processo de desenvolvimento da inovação, como a competitividade, a capacidade produtiva, a economia do país, as políticas e as orientações nacionais, a infraestrutura socioeconômica e tecnológica (Miron; Cavalcanti; Wongtschowski, 2005; Antunes, 2013; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

Segundo Antunes (2013), a produção de conhecimento químico desenvolvido nas universidades e que comportam grandes centros de pesquisa, deve alcançar empresas e a sociedade no geral, a fim de impulsionar a produção e o setor econômico, para isso sugere a realização de feiras e exposições. Além disso, a autora defende que: “Na sociedade moderna a competitividade é baseada no conhecimento e a Ciência e a Tecnologia são fatores básicos para a geração deste” (Antunes, 2013, p. 1496), reafirmando assim que a inovação depende do progresso da Ciência e da Tecnologia para sua produção. Nesse sentido, o conhecimento científico químico é importante fonte de contribuição para a inovação (Antunes, 2013).

A inovação geralmente está atrelada ao desenvolvimento científico e tecnológico, e compreensões sobre a estrutura que envolve a Ciência e a Tecnologia são fundamentais para fomentar e promover o maior desenvolvimento social (Moura, 2000; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Isso implica em conhecer sobre as demandas sociais que direcionam a pesquisa científica que objetiva a inovação, tendo em vista que Ciência e Tecnologia estão diretamente relacionas à sociedade (Moura, 2000; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

As discussões sobre a inovação e o conhecimento científico em Química, serão retomadas e aprofundadas nos resultados e discussões deste trabalho, no Capítulo 4, nos subcapítulos 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 em que será descrita e apresentada uma revisão baseada em artigos científicos e documentos oficiais, com o intuito de instituir uma melhor definição sobre a inovação na área da Química, bem como apontar sobre os temas dessa área “tidos” como inovadores; e ainda sobre concepções de inovação em documentos que regulam e orientam a Educação Básica, haja vista que a inovação é um termo recorrente na escola e na produção de conhecimento científico. Além disso, no tópico 4.4 discutimos sobre a percepção de docentes e docentes em formação sobre o conceito de inovação e a abordagem desta, no espaço escolar. No próximo subcapítulo (2.4), o tema da inovação também surge, mas nesse caso, atrelado aos processos de ensino e aprendizagem que envolvem a escola.

2.4 A Inovação no conhecimento químico escolar

O espaço escolar não deveria ser um meio em que se dá a mera reprodução ou transposição do conhecimento científico, ou seja, a transformação deste para fins de ensino não ocorre através de um simples processo de adaptação ou simplificação (Marandino, 2004; Lopes, 1999). O conhecimento escolar resulta de um processo de (re)construção de formas de conhecimento na comunidade escolar, em que se estabelece a constituição de uma dada realidade, a partir de relações dialógicas complexas, muitas vezes contraditórias (Lopes, 1997b). Como descreve Lopes (1997c, p. 106):

> O conhecimento escolar se constitui no embate com os diversos saberes sociais. A escola seleciona saberes, dentre os que são passíveis de serem selecionados a partir da cultura social mais ampla, e promove sua reorganização, sua restruturação e sua recontextualização.

Embora possa parecer simples, essa atividade que origina o conhecimento escolar é bastante complexa, e envolve uma série de fatores que precisam ser problematizados, como destacado no subcapítulo 2,2. Um deles é o currículo, que como já dito anteriormente (no primeiro subcapítulo - 2.1) e, como destacado na citação acima, representa um processo de seleção, que acaba por regular o processo de construção do conhecimento dos sujeitos que estão sob seu regimento. Isso porque esse processo exige das escolas e dos professores um movimento de decisão sobre o que, como e por que ensinar determinados conteúdos (Lopes, 1999), como destacado no trecho a seguir:

> Em outras palavras, não nos podemos furtar a discutir o que é fundamental ser ensinado na escola. Não podemos negar o papel preponderante da escola como socializadora de saberes, nem a importância de combatermos tendências relativistas que se negam a admitir alguns saberes como mais fundamentais do que outros, em função do desenvolvimento histórico do conhecimento e em função do modelo de sociedade que desejamos (Lopes, 1999, p. 166).

Nesse sentido, justamente por buscar respeitar a pluralidade e a diversidade de contextos existentes em sala de aula, é importante que haja reflexão no momento de selecionar os conteúdos que serão (re)configurados para serem objetos de estudo no conhecimento escolar (Lopes, 1999). Além da dificuldade em determinar os conteúdos a serem abordados, e a maneira como serão trabalhos (Lopes, 1999), um grande problema muitas vezes evidenciado, se refere a forma como se dá o processo de apropriação do conhecimento pela escola, pois isso acaba sendo:

> realizado de forma a retirar dos conceitos sua historicidade e sua problemática. Como decorrência desse processo, os saberes ensinados aparecem como saberes sem produtores, sem origem, sem lugar, transcendentes ao tempo. Ensinamos apenas o resultado, isolando-o da história de construção do conceito. Portanto, retiramo-lo do conjunto de problemas e questões que o originaram. No caso específico dos livros didáticos, esse problema pode ser ilustrado pela constante omissão de referências bibliográficas e históricas dos conceitos e mesmo de referências sobre seus próprios autores (Lopes, 1997c, p. 107).

Em virtude disso, acredita-se que para ocorrer a compreensão sobre qualquer conceito científico é preciso que haja esclarecimentos sobre o que é a Ciência e o conhecimento originado a partir dela. Discussões sobre a sua natureza, considerando a história, a filosofia, a sociologia, a epistemologia da Ciência e os métodos científicos são muitas vezes ignoradas no contexto das escolas e universidades, o que pode gerar compreensões incorretas sobre o processo científico (Moura, 2014). Segundo Caruso e Marques (2021, p. 13):

> É preciso também compartilhar com os jovens hoje em dia que a Ciência não lida com opiniões nem com verdades absolutas. A beleza desse fato só pode ser compreendida com a história da Ciência, por meio de exemplos que se relacionem com o questionamento do aluno.

Através da perspectiva dos autores, um modo de inovar no ensino de Ciências envolve esclarecer sobre questões ainda obscuras relacionadas à sua produção, buscando valorizar as dúvidas dos estudantes sobre o que cerca a natureza e a história da Ciência (Caruso; Marques, 2021). A construção de um conhecimento químico escolar, voltado para a compreensão *de* e *sobre* a Ciência e a Química, pode contribuir com diversas potencialidades (Moura, 2014).

> A Química, como ciência historicamente construída, estuda a composição da matéria, sua constituição e transformações, participando do desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Esta ciência, quando transposta para o contexto escolar, possui potencial para ampliar a compreensão da natureza e dos processos tecnológicos que permeiam a sociedade, oportunizando uma nova interpretação do mundo e maior autonomia para o exercício da cidadania (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b, p. 523).

Os processos de ensino e aprendizagem da Química são importantes não apenas em função de representarem a construção de um conhecimento, que é essencial como base para a compreensão de diversas outras áreas de estudo, mas também porque o conhecimento *sobre* Química pode auxiliar na condução de uma vida cidadã pautada na responsabilidade social (Rosa; Schnetzler, 1998; Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b), como destacado a seguir:

> Ao considerar a relevância de se aprender química na sociedade de hoje, temos em mente a construção da cidadania no que se refere à participação consciente e deliberada dos indivíduos na sociedade. Para isso, é necessário

> que o cidadão disponha de informações, dentre elas aquelas oriundas do conhecimento químico relacionadas ao avanço tecnológico dessa mesma sociedade (Rosa; Schnetzler, 1998, p. 31).

Tendo em vista que as inovações estimuladas pelas demandas sociais impulsionam, em parte, a Ciência Química, bem como o desenvolvimento tecnológico que subsidia os recentes progressos, um entendimento sobre os termos que representam essas áreas, suas articulações e, as implicações decorrentes desses processos, são importantes para a educação dos estudantes de forma a impulsionar de forma ainda mais incisiva a atividade crítica na sociedade (Morés, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Afinal, compreender sobre a indissociável relação que se estabelece entre inovação científica e tecnológica é fundamental para um entendimento maior sobre "as dinâmicas globais do conhecimento, das desigualdades, tensões e conflitos que atravessam o mundo" (Morés, 2018, p. 180). Muitos professores não consideram a relevância de adentrar temas que discutem especificamente *sobre* Ciências, em função da grade curricular das escolas, as quais concentram um número excessivo de conteúdos a serem ministrados, ainda que a sua abordagem não necessariamente acarreta aumento de conteúdos a serem ensinados, mas uma seleção de temas e aprofundamento destes (Oki; Moradillo, 2008).

Na abordagem dos temas é importante utilizar de investigações, debates, discussões, questionamentos e outras atividades, sobre um conjunto de elementos que trazem concepções relacionadas ao que é, e ao que abrange a Ciência em si. Essas compreensões e abordagens têm potencial de tornar os seres humanos mais críticos, reflexivos e conectados com a realidade em que vivem (Moura, 2014). Seguindo nessa linha de pensamento, Paixão e Cachapuz (2003) destacam que:

> Na convicção de que a Educação em Ciência deve contribuir para formar cidadãos mais cultos, mais informados e mais críticos, a sua finalidade deve ser ensinar alguma coisa acerca do corpo de conhecimentos da Ciência, alguma coisa acerca dos processos pelos quais o conhecimento científico é produzido e alguma coisa acerca das relações sociais e tecnológicas da Ciência (Paixão; Cachapuz, 2003, p. 31).

Estudar sobre Química não é importante apenas para aquele estudante que um dia deseja se tornar um químico, pois essa Ciência se faz necessária para que haja um maior desenvolvimento do pensamento crítico sobre a realidade que cerca os seres humanos, de modo que contribua na compreensão e resolução de problemas sociais (Santos et al., 2013). Para isso, os professores e estudantes podem encarar

as aulas de Química como um espaço de formação humana, destinado ao crescimento individual e coletivo de indivíduos críticos, responsáveis com o meio ambiente e conhecedores das inovações científicas e tecnológicas (Quadros et al., 2010).

Corroborando com essa perspectiva do Ensino de Química mais capaz de destacar aspectos humanísticos da Ciência, Matallana e Sánchez (2017) argumentam que nas últimas décadas o ensino de história da Química consolidou e renovou tópicos importantes de serem discutidos no contexto educacional. A título de exemplo, a discussão vem se concretizando em relação a novos tópicos referentes a questões ambientais, Ciência popular, estudos de gênero, questões políticas entre outros, o que está articulado a propostas curriculares inovadoras que contemplam a interdisciplinaridade (Leal; Mortimer, 2008; Thiesen, 2008). Esses também estão atreladas a perspectivas de provocar reflexões e o respeito às diversidades, o que é defendido nas teorias críticas e pós-críticas de currículo (Corazza, 2005), como discutido no primeiro subcapítulo (2.1). Essas novas esferas de debates contribuíram para a construção de “pontes” com outras disciplinas como geografia e história, por exemplo, possibilitando uma maior aproximação da Ciência com o cotidiano dos estudantes, à medida em que o ensino é interpelado por questões sociais e reais, observadas no dia a dia. Segundo Matallana e Sánchez (2017), assim é possível promover mudanças conceituais e colocar a Ciência Química em posição de ação no contexto social.

Nessa perspectiva, a inovação no Ensino de Química pode representar a renovação e a atualização de conteúdos escolares, articulando estes ao dia a dia dos estudantes, sendo essa a visão mais comumente descrita por professores da Educação Básica sobre a inovação no contexto educacional (Leal; Mortimer, 2008). De certa forma, questões relacionadas a inovação na educação perpassam sim pelo currículo, mas também envolvem outros aspectos, como destacado por Carbonell (2002):

> Existe uma definição bastante aceitável e aceita que define a inovação como um conjunto de intervenções, decisões e processos, com certo grau de intencionalidade e sistematização, que tratam de modificar atitudes, ideias, culturas, conteúdos, modelos e práticas pedagógicas. E, por sua vez, introduzir, em uma linha renovadora, novos projetos e programas, materiais curriculares, estratégias de ensino e aprendizagem, modelos didáticos e outra forma de organizar e gerir o currículo, a escola e a dinâmica da classe (Carbonell, 2002, p. 19).

Através dessa definição de inovação no contexto de ensino, percebe-se que ela é bastante complexa, pois envolve e depende de diferentes contextos e interpretações dos sujeitos, o que demonstra uma não neutralidade sobre o assunto. Além disso, a inovação na Educação implica em mudanças, que visam melhorias, sejam elas na organização, estruturação ou nas práticas pedagógicas (Carbonell, 2002).

Para Carbonell (2002), sete fatores são fundamentais para construir a inovação no contexto escolar. Em primeiro lugar, dispor de uma equipe docente acessível e disposta a compartilhar conhecimentos e aberta a mudanças. Em um segundo elemento essencial, destaca-se que a inovação é enriquecida por meio de intercâmbios e de cooperações entre membros internos e externos à comunidade, por essa razão é importante criar uma rede de apoio composta por sujeitos críticos, que juntos poderão desenvolver reflexões e inspirações, a fim de promover melhorias.

Um terceiro fator que pode auxiliar no desenvolvimento da inovação é propor mudanças dentro de um contexto regional e/ou local, onde instituições possam partilhar ideias (dentro de um contexto específico semelhante) sem estimular a competição entre si. Em um quarto momento se ressalta, como sugestão, ter um bom ambiente de trabalho, propício a gerar discussões abertas, amistosas, em que se pode criar linguagens específicas, histórias, hábitos, condutas e simbologias próprias, esse ambiente deve ser criativo e bem-humorado (Carbonell, 2002).

Um quinto elemento fala sobre a institucionalização da inovação, afinal, ela não deve ficar centrada apenas em atividades isoladas e/ou esporádicas, mas sim fazer parte do cotidiano da escola, isso pode ser alcançado quando se estabelece questões sobre inovação na organização e estruturação das escolas. Nesse sentido, o sexto componente capaz de auxiliar na construção da inovação, seria o cuidado de não permitir se reproduzir uma mesma prática rotineira entendida como inovadora, para isso se deve prezar pela reflexão e pelo diálogo, sem ceder a burocratização que comumente cerca o ambiente escolar. E, por fim, o sétimo elemento seria tornar claro que a inovação deve ser vivida, refletida e avaliada com o intuito de alcançar um certo acompanhamento relacionado a compreensão de como o processo de elaboração e de instauração do que é inovador, do que vem sendo desenvolvido e quais seus benefícios, suas potencialidades e limitações (Carbonell, 2002).

Segundo Mota e Scott (2014), uma das características centrais da inovação é que ela é uma consequência do incentivo à mudança, em que se impulsiona a "exploração legítima das fronteiras epistêmicas, éticas, disciplinares e de práticas estabelecidas" (p. 51). A inovação no meio educacional pode ser capaz de expandir compreensões e percepções sobre si mesma, e sobre diversos outros processos, tendo uma natureza transdisciplinar, que preza pela solução de problemas e segue a perspectiva de produção dos conhecimentos em constante evolução (Mota; Scott, 2014). Nesse sentido, a inovação no contexto do Ensino de Química pode estar atrelada ao desenvolvimento de novas metodologias e práticas de ensino capazes de promover reflexões críticas e mudanças que se convertam em melhorias e aprimoramentos, tanto para os docentes quanto para os estudantes. Dessa maneira, interligando o que é ensinado em Química com uma formação cidadã, e assim (re)significando o currículo e os conteúdos escolares (Maceno; Guimarães, 2013).

Outro fator que acaba interferindo na construção do conhecimento químico escolar se refere ao modo como os professores desenvolvem seu trabalho, como articulam seus conhecimentos de modo a conduzir a partir deles, o processo de ensino. Nesse sentido, é importante destacar que o professor não nasce docente, mas se constitui professor ao longo de sua "eterna" formação (Frison et al., 2010). A identidade profissional vai sendo experimentada e moldada a partir de uma pluralidade de saberes próprios à docência, e de um processo constante de reflexão sobre a própria prática, o que permite identificar as lacunas existentes no processo de construção do conhecimento químico ensinado na escola (Maldaner, 2003; Sangiogo; Marques, 2016). Na formação e transformação de concepções e conhecimentos específicos à didática que envolvem o ensino de um conteúdo (Lozano et al., 2015).

Esse processo de refletir culmina, entre outros, em repensar sobre o que é ensinado, como é ensinado e a relevância de se ensinar determinados conteúdos, para isso é fundamental determinar sobre qual o conhecimento escolar que se deseja construir e oferecer (Costa; Pimenta, 2021). Ou seja, ter a clareza do objetivo principal a ser alcançado com esse processo, a fim de definir quais conceitos possuem prioridade e podem ser de fato relevantes, contribuindo de forma significativa na vida do estudante e no seu futuro (Lopes, 1997c).

O professor, além de pensar e ter um certo poder de decisão em relação aos conteúdos a serem abordados nas aulas de Química, haja vista que as políticas

públicas atualmente, muito influenciadas pelo neoliberalismo, acabam tentando reduzir em parte a sua autonomia, enquanto profissional e ser intelectual capacitado à competências decisórias, tem de atender a fatores externos como documentos normativos e processos avaliativos (Costa; Pimenta, 2021), além de ter o desafio de tornar esses conhecimentos “ensináveis” aos estudantes. Para isso os docentes precisam superar suas dificuldades em relação a configuração e a organização dos seus conhecimentos didáticos sobre os conteúdos químicos. Isso porque para ensinar Química é preciso realizar a integração de diferentes conhecimentos (Lozano et al., 2015).

Através do que foi exposto até então, ficou evidente que o conceito de inovação atrelado ao conhecimento Químico escolar é resultado e resultante de uma construção complexa, que sofre diversas interferências de diferentes atores sociais, setores e fatores. Ainda, que o professor pode mobilizar diferentes crenças e conhecimentos ao buscar a inovação no contexto das aulas de Química. Cientes disso, no próximo subcapítulo (2.5), apresentam-se alguns exemplos de propostas que podem contribuir na articulação entre inovação, conhecimentos científicos e o contexto das aulas de Química da escola, como ao abordar a Divulgação Científica (DC), as perspectivas com ênfase Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a extensão universitária.

2.5 Algumas formas de articular a inovação, o conhecimento científico e o contexto escolar

Com os recentes avanços científicos e tecnológicos evidenciados mundialmente e refletidos no nosso cotidiano, fica explicita a necessidade de tornar esses “novos” conhecimentos acessíveis a sociedade em geral (Santos; Mortimer, 2002). Afinal, o progresso da Ciência e da Tecnologia costuma resultar em melhorias para a vida humana (Santos; Mortimer, 2002). Sendo assim, neste subcapítulo, iremos pontuar a divulgação científica (DC), a abordagem sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a discussão sobre projetos de extensão universitária, como exemplos de espaços mobilizadores da inovação integrada à escola.

Nesse contexto, divulgar a Ciência é fundamental para que os cidadãos possam tomar decisões mais conscientes, ao ponto que não se trata apenas de mostrar os maravilhosos avanços da Ciência, como algumas vezes é realizado pela mídia, mas, também, de disponibilizar recursos para que a população compreenda o

que está de fato acontecendo e o que decorre desse processo. Em outras palavras, tornar público e acessível o que é de discurso dos especialistas, para que o cidadão, assim, possa pensar sobre e agir conforme suas concepções e decisões, de forma mais consciente e responsável (Santos; Mortimer, 2002). A Divulgação Científica (DC) pode ser compreendida como uma maneira de disseminar informações científicas, contemplando, além disso, ao interesse de promover maiores entendimentos e compreensões sobre o conhecimento científico em prol da solução de problemas relacionados à fenômenos estudados pela Ciência, tendo o intuito de estimular a curiosidade científica dos sujeitos, demonstrando assim o atributo humano e cultural que permeia a Ciência (Albagli, 1996). Dessa forma, a DC pode ser uma importante maneira de inserir o conhecimento científico e as inovações produzidas nesse contexto, bem como suas implicações (Maceno; Guimarães, 2013) na sociedade, através das escolas, considerando o objetivo educacional de busca pela ampliação do conhecimento para o público que não pertence ao meio científico (Albagli, 1996).

Além do objetivo relacionado à Educação, a DC também pode atender ao desenvolvimento da reflexão crítica da população, de forma a produzir informações reais sobre o conhecimento científico e tecnológico, fornecendo uma base sustentável para auxiliar os sujeitos com relação ao pensamento crítico e na tomada de decisão consciente (Albagli, 1996; Bueno, 2010). É possível ainda, através da DC, mobilizar a população para participação no processo decisório referente a questões sociais importantes, que envolvem além da Ciência em si, a economia, a política, o meio ambiente, entre outros, e que acabam de alguma forma, interferindo na vida dos indivíduos (Albagli, 1996). Como destacado abaixo:

> A divulgação científica cumpre função primordial: democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Contribui, portanto, para incluir os cidadãos no debate sobre temas especializados e que podem impactar sua vida e seu trabalho (Bueno, 2010, p.1).

Afinal, para o progresso da humanidade, é fundamental que a população esteja ciente do grande avanço científico e tecnológico que vem ocorrendo nos últimos anos, os quais são impulsionados por perspectivas inovadoras. Além disso, é importante que a população compreenda os impactos sociais causados por essa expansão – que resultam em transformações de cultura, atitudes, ideias, valores, da própria comunidade (Maceno; Guimarães, 2013) - para que possam ter significativo conhecimento e, consequentemente, controle sobre esse processo. Para isso, não

basta apenas introduzir e traduzir o discurso científico, mas é preciso esclarecer, instruir sobre ele para a população leiga, ou seja, que não está integrada a comunidade científica (Albagli,1996).

> Em função disso, a difusão de informações científicas e tecnológicas para este público obrigatoriamente requer decodificação ou recodificação do discurso especializado, com a utilização de recursos (metáforas, ilustrações ou infográficos, etc.) que podem penalizar a precisão das informações. Há, portanto, na divulgação científica, embate permanente entre a necessidade de manter a integridade dos termos técnicos e conceitos para evitar leituras equivocadas ou incompletas e a imperiosa exigência de se estabelecer efetivamente a comunicação, o que só ocorre com o respeito ao *background* sociocultural ou linguístico da audiência (Bueno, 2010, p. 3).

É possível perceber através do trecho citado acima, que em função da DC ter como “alvo” um público que não necessariamente possui uma iniciação ou formação científica, faz-se importante a decodificação ou ressignificação de termos técnicos e/ou a explicação que possibilite uma maior compreensão sobre conceitos que estão envolvidos na informação difundida. As diferenças existentes entre as concepções prévias de cada indivíduo que constituem o público-alvo da DC, ou seja, os saberes e as percepções distintas que os sujeitos já detêm previamente, é um dos desafios que permeiam essa atividade (Bueno, 2010). Sendo o público-alvo da DC bastante diverso, há vários meios não-formais ou formais que possibilitam a efetividade do desafio de disseminar as informações sobre a Ciência. Como por exemplo, através da mídia, jornais ou revistas de divulgação científica, museus (Albagli, 1996), e também da escola, a qual é um espaço de democratização do saber, responsável pela socialização do conhecimento aos estudantes e a comunidade escolar como um todo (Xavier; Gonçalves, 2014).

A utilização da DC no planejamento de ensino pelo professor pode ser uma forma de contribuir para que o docente alcance seus objetivos com relação ao ensino de Ciências, desde que seja possível aliar os objetivos previstos pela DC aos objetivos pedagógicos que almeja o docente para os processos de ensino e aprendizagem (Lima; Giordan, 2017). De maneira a abordar e contribuir na compreensão de conceitos e inovações científicas, as quais ao passar por um processo de significação, não devem perder suas características de linguagem científica (Lima; Giordan, 2017; Bueno, 2010).

Outro objetivo para DC está em encontrar meios para uma maior contextualização e problematização de temas relacionados a História, Filosofia e Epistemologia da Ciência (Lima; Giordan, 2017). Esses são capazes de proporcionar

um aprendizado mais amplo sobre o processo e a produção científica, ao se articular com o cotidiano dos alunos e com a realidade escolar, como destacado por Lima e Giordan (2017 p. 4):

> O uso da DC na educação formal produz um contexto particular de ensino no qual ao menos quatro discursos convivem em sala de aula: o discurso cotidiano, o discurso escolar, o discurso da ciência escolar e o discurso de DC. Esse entrecruzamento é capaz de produzir situações favoráveis à produção de sentidos para os conceitos científicos, bem como estimular a curiosidade e o engajamento dos estudantes nas atividades de ensino.

Há diversas ferramentas que podem ser utilizadas a fim de auxiliar a DC nas instituições de ensino, como por exemplo: recursos audiovisuais (animações, vídeos, áudios, jogos...), textos (artigos, livros...), infográficos (imagens, fotografias, diagramas...), visitas a museus, entre outros (Lima; Giordan, 2017). É importante que os estudantes tenham contato com grande variedade de materiais e textos que visam alcançar os objetivos propostos pela DC e para o ensino de Ciências. O uso dessas ferramentas viabiliza que os estudantes sejam expostos a uma maior diversidade de informações, a diferentes pontos de vista e formas de argumentação, podendo assim desenvolver habilidades relacionadas a leitura, interpretação, escrita, domínio de conceitos e para um maior conhecimento sobre a linguagem científica (Ferreira; Queiroz, 2012).

Como exemplo da utilização da DC, pode-se mencionar o estudo de Rosa e Goi (2020) que trata sobre possíveis contribuições à aprendizagem de estudantes do ensino médio da zona rural de uma escola, a partir da utilização de textos de DC (encontrados em revistas da área como Ciência Hoje e Química Nova na Escola) que envolvem o Ensino de Química. Os autores produzem esclarecimentos sobre temas relacionados a educação ambiental e os conceitos químicos que circundam essa temática. A proposta foi elaborada durante o Programa Residência Pedagógica, por licenciandos em Ciências Exatas. No estudo, utilizou-se textos que abordavam sobre poluição e tratamento de água, bem como o ciclo da água e os fenômenos que influenciam no seu estado físico e, ainda, sobre o uso de agrotóxicos e seus impactos no meio ambiente. Dessa maneira, foram trabalhados conceitos de concentração, soluto e solvente, densidade, coeficiente de solubilidade, misturas, titulação, pressão osmótica, entre outros (Rosa; Goi, 2020).

Os dados foram coletados por meio de anotações em diário de bordo, e a partir da realização das atividades propostas aos alunos. Os resultados indicam a ampliação

dos conhecimentos dos estudantes, tanto relacionados aos conceitos químicos, como a particularidades da temática abordada.

> A partir da dinâmica implementada em sala de aula percebe-se que a leitura de TDC [Textos de Divulgação Científica] pode contribuir para a vida dos alunos com o enriquecendo do seu vocabulário além de ser fonte de informação e conhecimentos que podem favorecer a interação do mundo a sua volta e auxiliar na interpretação, participação e discussão de conceitos científicos e associar as notícias veiculadas na mídia (Rosa; Goi, 2020, p. 20).

Os autores destacam que os alunos conseguiram associar aspectos conceituais da Ciência, muito relevantes por se tratar da educação ambiental, um tema que cada vez mais preocupa o mundo, presente no cotidiano, por meio de uma intervenção problematizadora realizada na escola (Rosa; Goi, 2020).

Segundo Sentanin e colaboradores (2021), a divulgação do conhecimento científico é importante, pois muitas vezes a população em geral não tem uma "imagem" positiva da Ciência e por isso, no contexto social, ela parece perder seu prestígio. Em função disso, os autores buscaram promover a DC através de uma palestra, desenvolvida em parceria com pesquisadores da universidade, e apresentada a cerca de cento e dez alunos de três escolas públicas. O trabalho desenvolvido por Sentanin e colaboradores (2021) focou nos estudos relacionados a eletroquímica, em função da relevância desse conteúdo na produção de novos materiais, como novas formas de energia, baterias, computadores, técnicas espectroscópicas, entre outros artefatos e processos que interferem diretamente no cotidiano da sociedade. Nesse sentido, a palestra desenvolvida por um grupo que realiza pesquisas voltadas a processos eletroquímicos e ambientais, utilizou-se de uma abordagem histórica e relacionada ao meio ambiente para discutir sobre o problema da contaminação aquática e terrestre causada por corantes, drogas e pesticidas. O objetivo era utilizar da DC para debater sobre possíveis mecanismos de tratamento para matrizes contaminadas (Sentanin et al., 2021). A pesquisa destaca que a DC, realizada por meio de palestras, pode contribuir para aumentar o interesse dos estudantes em estudar a Química e compreender mais sobre o conhecimento científico, ao ponto em que vários deles demostraram interesse em fazer parte da construção da Ciência (Sentanin et al., 2021).

Um outro modo de integrar os conhecimentos, a partir de uma perspectiva social, sobre Ciência e Tecnologia no meio escolar envolve a abordagem temática Ciência-Tecnologia-Sociedade – CTS. A abordagem busca inter-relações e reflexões

críticas entre o C, o T e o S (Santos, 2007). A perspectiva cresceu no período posterior a Segunda Guerra Mundial, e teve nas últimas décadas o surgimento de um novo modo de produção do conhecimento, ao utilizar temas de estudo como formas de abordar os conteúdos de maneira contextualizada, no intuito de promover a alfabetização científica e tecnológica (Santos; Mortimer, 2002).

> O objetivo central desse ensino na educação básica é promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (Santos, 2007, p. 2).

A partir de uma articulação entre C, T e S, contempla-se aspectos históricos, éticos e socioeconômicos, para que ocorra também, o desenvolvimento de habilidades reflexivas que contribuam para a tomada de decisão consciente e maior participação social (Santos, 2007). A abordagem CTS pode representar uma maneira de se trabalhar com o desenvolvimento de valores coletivos no contexto escolar, que envolvem a generosidade, respeito ao próximo, a solidariedade e o comprometimento social de modo a contribuir para uma formação cidadã dos indivíduos (Santos; Mortimer, 2002). Segundo a perspectiva, é importante que, a partir dos conhecimentos de base científica e tecnológica construídos, os estudantes passem a se questionar sobre a ordem capitalista a qual envolve a sociedade (Santos, 2007), e motiva a produção de inovações nessa área, que podem satisfazer as demandas do mercado em prol da economia global (Moura, 2000). A partir da promoção do conhecimento e da conscientização sobre esses processos e suas implicações, espera-se do estudante o estabelecimento de reflexões que devem resultar em decisões sociais mais responsáveis (Santos, 2007).

Nesse sentido, discussões que estejam de acordo com o cotidiano dos estudantes podem ser estimuladas, e promover o seu interesse pela Ciência e suas inovações emergentes (Santos; Mortimer, 2002). A intenção não é estabelecer uma relação artificial entre conhecimento cotidiano e científico, mas, sim, buscar nas contradições encontradas em situações corriqueiras, estímulo para perseguir novas e/ou mais completas explicações e compreensões sobre os fenômenos (Santos, 2007).

Santos e Mortimer (2002) sugerem temas que podem ser trabalhados na perspectiva CTS no ensino médio: saúde humana, fome, produção de alimentos, recursos energéticos, meio ambiente, formas de produção energética, destino do lixo

e impacto ambiental, entre outros. Alguns desses temas ainda são atuais, como pobreza, sustentabilidade ambiental, alterações climáticas e outros que envolvem contradições sociais, mas que são importantes de serem repensados hoje, em relação a melhor refletir no interesse dos estudantes, corroborando com perspectivas inovadoras de currículo que sugerem a interdisciplinaridade e a contextualização (Lozano, 2019; Carvalho; Oliveira; Godinho, 2019). Santos e Mortimer (2002) ainda expressam que diversas são as formas metodológicas de abordar sobre esses temas, a exemplo de: seminários, palestras, discussões em grupo, estudos de caso, debates que envolvem a natureza e a história da Ciência, jogos, apresentações orais... Enfim, há abordagens metodológicas que podem representar, inclusive, estratégias inovadoras que buscam introduzir mudanças no sistema educacional, com intuito de melhorá-lo (Morés, 2014).

Na abordagem CTS não basta estimular a memorização de conceitos abstratos sobre a Ciência e fazer o uso de artefatos tecnológicos. Afinal, a formação cidadã não se concentra apenas em nomear fenômenos científicos ou saber sobre equipamentos e técnicas presentes no cotidiano (Santos, 2007), pois, como destaca a seguir:

> Assim, se ensina nomes científicos de agentes infecciosos e processos de desenvolvimento das doenças, mas não se reflete sobre as condições sociais que determinam a existência de muitos desses agentes em determinadas comunidades. Da mesma forma, se ilustra exemplos do cotidiano de processos de separação de materiais como catação, mas não se discute os determinantes e as consequências do trabalho desumano de catadores em lixões do Brasil (Santos, 2007, p. 4).

Ainda cabe destacar que o currículo escolar com ênfase em CTS não configura em uma diminuição dos conteúdos, mas implica em uma ressignificação social dos mesmos, através de uma educação problematizadora que visa a formação cidadã (Santos, 2007). É importante que isso esteja evidente, pois “todos têm direito ao acesso à Ciência, à tecnologia e aos artefatos construídos, não somente no sentido de entendê-los e utilizá-los, mas também para opinar sobre seu uso e produção” (Halmenschlager, 2011, p. 13). Dessa forma, não é desejável uma compreensão incorreta da proposta CTS, que corrobore com uma precarização da educação (Santos, 2007).

As abordagens com enfoque CTS tem o potencial de desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes. Oliveira, Guimarães e Lorenzetti (2016b) elaboraram uma proposta CTS sobre o tema qualidade do ar interior, na disciplina de Química, em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma escola

pública de Curitiba/PR, trabalhando uma série de parâmetros que envolvem a alfabetização científica e tecnológica, com o tema proposto e com alguns conteúdos específicos da disciplina de Química.

Segundo os autores, a escolha da temática surgiu em função da pouca informação disseminada sobre o tema, bem como pela importância em vista que a poluição do ar interior (que existe em ambientes internos) é um dos principais riscos à saúde pública. Além disso, defendem que: “A seleção dos conteúdos disciplinares seja definida a partir dos temas, subordinando a escolha dos conceitos científicos a serem trabalhados à compreensão da temática” (p. 525). Sendo assim, a seleção dos temas deve ocorrer em função da sua relevância social, para que assim os estudantes possam problematizar e questionar seus conhecimentos e buscar maiores explicações no conhecimento científico. Os conteúdos trabalhados a partir dessa temática envolveram o estudo dos gases e a cinética química (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b).

As atividades foram estruturadas de acordo com a perspectiva dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002): a problematização inicial; a organização do conhecimento; e a aplicação do conhecimento. Nesse sentido, priorizou-se a participação crítica dos estudantes, atividades que envolviam discussões em grupo, vídeos, experimentos, textos de divulgação científica entre outros. O estudo evidenciou que a proposta desenvolvida e implementada contribui na alfabetização científica e tecnológica de estudantes, o que foi justificado com base no envolvimento e participação deles nas atividades propostas, e também porque: “Os discursos dos alunos sinalizam uma mudança satisfatória em relação ao significado que eles passaram a atribuir aos conhecimentos estudados e à importância desses saberes para sua formação como cidadãos” (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b, p. 549).

Um outro exemplo bem recente de implementação de uma proposta que envolve abordagem CTS, é descrito na literatura por Santana Júnior e Farias (2021), que buscou “analisar as contribuições do tema socioambiental “Lixo em Meio Aquático” para promover a reflexão e o posicionamento de estudantes do Ensino Médio frente às relações ciência, tecnologia e sociedade no mundo contemporâneo” (p. 532). A proposta foi desenvolvida com dezoito estudantes dos três níveis do ensino médio, de uma escola pública (Santana Júnior; Farias, 2021). A escolha pelo tema se

justifica em função da poluição aquática ser um dos problemas que mais afetam o mundo todo atualmente (e em especial, a cidade de Manaus, onde se desenvolveu o estudo). E tendo em vista que ela deriva do descarte incorreto do lixo em locais inapropriados como rios, mares, córregos entre outros, e que a discussão sobre esse tema pode contribuir de maneira a conscientizar a sociedade, a proposta pode representar grande potencial para auxiliar no combate à poluição (Santana Júnior; Farias, 2021).

Por isso, nas atividades desenvolvidas - no formato de um curso de quarenta horas e treze encontros - foi discutido sobre água, lixo, relações cotidianas, vida e meio ambiente, dentro desses temas gerais, foram trabalhados aspectos históricos, econômicos ambientais e sociais, tais como: aumento do consumismo e lixo, fontes geradoras de poluentes aquáticos, conscientização, impactos e alternativas associadas ao lixo. Ainda alguns aspectos conceituais foram abordados, como: substâncias químicas, fórmulas e equações químicas, propriedades e representação dos metais, unidades de medida e acidez e basicidade. Os resultados do estudo indicaram a contribuição da proposta com relação a promoção de estudantes mais conscientes, capazes de associar o que foi trabalhado com o que é vivido por eles, no seu contexto local, o que despertou uma maior curiosidade e motivação para o aprendizado (Santana Júnior; Farias, 2021).

Um outro exemplo de abordagem CTS fora descrito por Costa e Messeder (2019), em que foram implementadas atividades relacionadas a análise de rótulos de suplementos alimentares em aulas de Química do terceiro ano do ensino médio. O intuito do estudo era gerar discussões sobre a Química aliada a saúde e a sociedade, sendo que, através de debates, foi possível trabalhar o conteúdo de funções orgânicas. Segundo os autores, a proposta desenvolvida pode contribuir com reflexões acerca dos perigos de utilizar suplementos alimentares sem indicação médica, e, também, possibilitou compreender mais sobre estratégias usadas para o convencimento em relação ao consumo desses compostos. Sendo assim, se pode estabelecer “um novo olhar, mais amplo e crítico, considerando os aspectos econômicos e éticos que permeiam o comércio dessas substâncias” (Costa; Messeder, 2019, p. 51).

Além das pesquisas descritas acima, encontra-se na literatura outros trabalhos que relatam sobre o desenvolvimento e utilização de atividades que envolvem a

abordagem CTS, em diferentes contextos educacionais, com diversas temáticas e conteúdos associados ao cotidiano dos estudantes, como por exemplo sobre o tema de combustíveis (Fonseca, 2015), de corantes (Ferreira; et al., 2018) e de açaí (no estado do Amazonas, onde a fruta é abundante) (Monteiro; Yamaguchi, 2019) para alavancar discussões sobre a Química. Os estudos apresentados como exemplos trazem propostas interessantes, em que a abordagem CTS foi vista como maneira de auxiliar o estudante a relacionar a Química ao seu contexto social, utilizando de temas cotidianos, colocando os estudantes como agentes centrais nos processos de ensino e aprendizagem, o que corrobora com propostas de ensino consideradas inovadoras (Carrol, 2013; Moreira, 2021; Morés, 2018). A proposta permite reflexões críticas acerca das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, estimulando a tomada de decisão consciente por parte dos cidadãos (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b; Santana Júnior; Farias, 2021; Costa; Messeder, 2019).

Ainda é possível promover a inserção do conhecimento inovador advindo da produção científica, nas escolas e na sociedade em geral, por meio de projetos de extensão universitária ou via curricularização da extensão nos cursos de graduação (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022), como exemplo do que é vivenciado na UFPel:

> [...] essa curricularização está fundamentada em um caráter de incentivo à inovação nos cursos de graduação e pós-graduação da UFPel, com objetivos de promover a formação extensionista do estudante; fortalecer a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão; amplificar a prática extensionista; e fomentar o advento de novos temas de pesquisa e de novas metodologias de aprendizagem nos campos da ciência e da cultura (idem, p. 66).

Os projetos de extensão e de curricularização da extensão têm como principais características a promoção de uma participação ativa de estudantes universitários, como agentes sociais nas comunidades (Bachmann, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022), possibilitando a construção de novos conhecimentos: ao estudante de graduação, que tem a oportunidade de aprender com a comunidade e pôr em prática os conhecimentos teóricos construídos a partir de seus estudos; e à comunidade em que se desenvolve esses projetos, que pode partilhar seus saberes com os estudantes, e construir novas aprendizagens, e/ou receber através destes, a prestação de um serviço disponível pela universidade (Bachmann, 2018).

Nesse processo, pode-se atribuir diferentes potencialidades advindas da extensão, como: a criação de maiores e melhores oportunidades para que os estudantes universitários possam colocar em prática os conhecimentos que estão

construindo durante sua formação profissional; a produção de novos aprendizados advindos dessa interação com a sociedade; a Universidade e seus estudantes têm a chance de prestar serviços úteis e necessários à população, colaborando para o retorno do investimento fomentado pela sociedade na educação do País; e acredita-se ainda, que a partir do momento em que essas inter-relações passam a ser compreendidas e vivenciadas pelos estudantes e as comunidades, uma maior conscientização sobre o ser cidadão possa ser evidenciada e/ou desenvolvida e praticada (Bachmann, 2018).

Essas características e possibilidades apontadas sobre a extensão universitária costumam ser desenvolvidas em função de se compreender a universidade, historicamente, como espaço de ensino e pesquisa. No entanto, ela também precisa cumprir a função de disseminar o conhecimento produzido, para além do seu meio acadêmico, a partir de uma transposição prática e funcional à comunidade (Bachmann, 2018).

A extensão é capaz de alcançar o intercâmbio e a integração de informações, conceitos e conhecimentos entre os estudantes, que vivem no contexto da pesquisa científica, com a comunidade, que também possui seus conhecimentos e demandas sociais (Corrêa, 2019). Um exemplo ocorre nos cursos de Química Bacharelado, Química Industrial e Licenciatura em Química da UFPel, por meio do projeto “Práticas de Extensão Universitária nos cursos de Química da UFPel” em que alunos de graduação - matriculados em disciplinas tais como Fundamentos em Extensão Universitária, Química Verde, Tratamento de Águas e Resíduos Industriais, Química Ambiental, Biomassa e Bioenergia e Aplicação do GHS em laboratórios de Ensino e Pesquisa - ao participarem de ações de extensão realizadas nas comunidades de Pelotas, tem carga horária curricularizada como parte da formação em extensão (UFPel, 2022). Nesse sentido, pode-se dizer que iniciativas que envolvem a curricularização da extensão apresentam o potencial de fortalecimento da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, contribuindo com a (trans)formação da comunidade universitária e sua integração com a sociedade (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022; Corrêa, 2019).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos que relatam sobre a contribuição de projetos extensionistas como forma de inserir o conhecimento químico advindo da Ciência, no espaço escolar (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022; Santos;

Lampe; Sangiogo, 2019; Santos, *et al*., 2020). Como por exemplo no projeto intitulado “A química vai à escola e à comunidade”, expresso no estudo de Pastoriza, Vieira e Mendonça (2020), na UFPel, que busca a popularização e a divulgação da Ciência, através de ações voltadas ao público em geral, especialmente direcionadas às escolas de ensino básico e espaços não-formais, a fim de estimular discussões sobre o modo de produção do conhecimento químico. Embora o projeto ainda esteja em andamento, os autores já puderam evidenciar sobre a emergência de temas relacionados a Química ambiental, voltados a maneiras de minimizar a poluição. Esses temas evidenciados nas pesquisas científicas da área da Química da UFPel, podem ser articulados às temáticas de estudo no ensino médio e, dessa forma, produzir meios para divulgação científica desses estudos (Pastoriza; Vieira; Mendonça, 2020).

Ainda é possível destacar a abordagem de temas atuais amplamente presentes na mídia, como estratégia de aproximar estudos atuais ao contexto escolar, a exemplo do tema da Covid-19, doença causada pelo vírus SARS-CoV-2, que exigiu a adoção de medidas como de higienização, distanciamento social e vacinação, amparada por orientações científicas. Essa nova situação, demandou readequar o modo de vida da população, em meio a tudo isso surgem diversos estudos que tratam sobre a pandemia e seus impactos em diferentes perspectivas. As universidades vêm utilizando de projetos que articulam pesquisa e extensão, como maneira de investigar sobre à temática da Covid-19 (Silva et al., 2020; Roscoff, et al., 2022). Roscoff e colaboradores (2022), por exemplo, utilizam-se da temática para promover discussões acerca de medicamentos utilizados no tratamento dessa doença e a Química envolvida nesse processo, como proposta didática amparada no CTS, para turmas de 3º ano do Ensino Médio. O tema relaciona-se com o estudo de conceitos, como de funções orgânicas, contemplando estratégias metodológicas que envolvem questionamentos e problematização sobre o tema, recursos de mídia, com base na veiculação de notícias e *Fake News* sobre o vírus, a doença e de alguns medicamentos envolvidos na temática (Roscoff et al., 2022).

Outro trabalho que pode ser citado nesse seguimento é descrito por Silva e colaboradores (2020), em que se relata sobre as experiências vividas em um projeto de extensão sobre: “a produção de mídias de divulgação científica voltadas a mediar aprendizagens sobre questões envolvendo o contágio e os processos de prevenção

e tratamento relacionados ao vírus SARS-CoV-2 e a Covid-19” (p. 252). O projeto contou com a participação de professores e alunos de diferentes cursos de graduação, e teve como público-alvo estudantes da escola básica (ensino fundamental e médio). Para o desenvolvimento da proposta, realizou-se um levantamento sobre medicamentos popularmente conhecidos e as interações que estes podem causar no organismo, além disso, sobre os meios de contágio e prevenção da doença, com vistas a criar materiais de DC que pudessem circular na internet e demais meios de comunicação (Silva et al., 2020). Fora criado um perfil no *Instagram* e uma página no *Facebook*, para possibilitar a divulgação dos *posts* (referentes a mídias visuais, como imagens e vídeos), elaborados a partir dos materiais científicos selecionados sobre a temática. Como resultado, os autores destacam que: “As postagens foram visualizadas 2.199 vezes no Instagram e alcançaram 3.267 perfis no Facebook” (p. 252), o que pode ser compreendido como uma resposta satisfatória à proposta do trabalho (Silva et al., 2020).

Um outro exemplo a ser descrito é o de Silva e colaboradores (2021), em que os autores relatam sobre um projeto de extensão desenvolvido estabelecendo parcerias entre a universidade e escolas públicas. Nesse caso, o intuito era mostrar, a partir da realização de experimentos que envolvem a Química, como a inovação tecnológica dessa área pode ser adaptada para ser aplicada, a fim de resolver problemas sociais e cotidianos. Nesse estudo, também se evidencia aspectos que relacionam a inovação ao avanço científico e tecnológico em prol da resolução de desafios e demandas da sociedade (Silva et al., 2021). A característica da inovação de atribuir mudanças com determinadas intencionalidades exprime essa indissociabilidade que envolve Ciência, Tecnologia e o processo de inovação, e explicita sobre o grande atributo que é conferido às inovações quando elas alcançam de alguma forma o meio social (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022; Morés, 2014).

Silva e colaboradores (2021) descrevem sobre a implementação de um experimento que visa o debate sobre um problema social, o da embriagues ao volante, para isso, foi utilizada a atividade em que se simula um bafômetro. A atividade foi desenvolvida pensando em três níveis, para alunos de graduação e pós-graduação, estudantes de ensino médio e fundamental, em que se poderia abordar conceitos de reações de oxidação e redução na respiração humana, volatilização, entre outros. Além desse experimento, outros foram desenvolvidos pelo projeto e são citados no

artigo, como por exemplo: a produção de madeira plástica, onde se pode abordar conceitos de adsorção, cinética química, termoquímica, composição da matéria, estados físicos da matéria; a produção de geopolímero; a extração de pigmentos de resíduos de mineração, com explicação dos processos de extração, propriedades físicas e químicas de elementos químicos; a produção de fertilizantes de fósforo, a partir de urina, com estudo da adsorção, propriedades físicas e químicas do fósforo, nutrientes inorgânicos essenciais para plantas (Silva et al., 2021). Como resultados, os autores destacam o grande envolvimento tanto dos voluntários da universidade, quanto dos estudantes que realizam a atividade experimental e participam das discussões (Silva et al., 2021).

Com base nas propostas apresentadas podemos considerar a universidade como um dos grandes centros de produção de conhecimento científico e de inovação, devido a formação que oferece aos estudantes, extremamente relacionada ao desenvolvimento do ser pesquisador, o que pode ser evidenciado por meio das produções científicas que emergem nas universidades (artigos científicos, registro de patentes, entre outros) (Miron, Cavalcanti; Wongtschowsk, 2005; Antunes, 2013; Capes, 2019b), tendo as atividades extensionistas como uma das maneiras de difundir esse conhecimento à sociedade. Nesse processo, compreende-se que:

> A emergência de uma formação universitária inovadora perpassada pela Extensão contribui para construção e socialização de conhecimentos significativos e em constante diálogo com os diversos setores da comunidade, possibilitando um currículo capaz de romper e reconhecer outras formas de produção de saberes, incorporar a dimensão sócio-histórica do conhecimento; buscar a gestão partilhada dos atos pedagógicos com ações reflexivas perante o conhecimento, compreender que o conhecimento com algo complexo e passível de reconfigurações e colocarem-se como mediadores includentes das relações socioafetivas como condição da aprendizagem (Campani; Silva; Parente, 2018, p. 18).

Os projetos de extensão possuem características que promovem a dialogicidade e a interlocução entre a universidade e a comunidade, inter-relacionando os centros de pesquisa às demandas sociais emergentes (o que é uma premissa básica no processo de inovação) onde se entende a universidade como um centro produtor de conhecimentos, mas não como único detentor e emanador de saberes. Portanto, nessa ótica, considera-se a comunidade universitária como parte integrante, que reflete e promove saberes capazes de contribuir para o desenvolvimento social ao ponto em que pode auxiliar na articulação e disseminação do conhecimento científico e/ou escolar, o que também representa o ato de inovar haja vista que dentro

de uma perspectiva educacional, a inovação requer a elaboração de novos, criativos e originais meios de auxiliar no processo de ensino e de divulgação do conhecimento (Campani; Silva; Parente, 2018; Maceno; Guimarães, 2013; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022; Morés, 2018).

Ao levar em consideração as discussões e as propostas ao longo desse capítulo, entendemos a importância de relacionar o conceito de inovação com as teorias do currículo, as quais mobilizam ações docentes sobre a compreensão e as inter-relações entre os conhecimentos científico, cotidiano e escolar. No capítulo também se pôde iniciar algumas relações entre os discursos de inovação junto aos processos de produção dos conhecimentos científico e escolar. E ainda, apresentou-se algumas das formas possíveis de realizar a inserção e articulação entre esses conhecimentos, que pode ocorrer por meio da abordagem CTS, da DC e da extensão universitária.

Uma maior compreensão sobre esses temas não é importante apenas no contexto desta pesquisa (desenvolvida para o doutorado), mas para todos os docentes, àquilo que constitui a realidade do contexto escolar, à universidade e à escola. Isso porque o currículo só se torna um modo de organizar e orientar o processo de ensino de maneira menos excludente e mais respeitosa, com relação a pluralidade e diversidade de contextos existentes nas escolas, quando se assume que ele não se constitui de um processo neutro e iluminado, mas é tendencioso, sofre diversas influências internas e externas. Além disso, torna-se importante o professor entender que há diferença entre o conhecimento científico, impulsionado pela promoção de inovação e oriundo dos centros de pesquisa, dotado de códigos e linguagens específicas, e o conhecimento escolar, que sofre interferências de diversos fatores, como por exemplo, da cultura que se reflete no currículo, dos diferentes conhecimentos e crenças de cada docente, que reflete nas decisões que esse profissional irá tomar com relação ao ensino. Ainda assim é importante que essas distinções estejam claras para que o processo resultante na (re)configuração do conhecimento científico em conhecimento escolar, ocorra de maneira mais consciente e responsável.

Por fim, essas reflexões são relevantes, também, porque o professor, ao conhecer meios de inserir o conhecimento científico inovador nas escolas, poderá realizar esse processo de acordo com o que se aproxima do seu ideal de ensino. Ou

seja, se ele deseja ofertar uma formação pautada na cidadania, poderá utilizar uma abordagem com enfoque CTS. Se decidir se utilizar da DC, deve conhecer estratégias e cuidados sobre como proceder, até mesmo por meio de parcerias com a universidade e projetos de extensão, por exemplo. Portanto, a leitura dos referenciais aqui presentes, e as reflexões que foram ocasionadas a partir disso, poderão contribuir para um melhor entendimento sobre a importância desse estudo para o meio acadêmico e, também, para a sociedade no geral. Além de balizar todo o processo de desenvolvimento da pesquisa, que deve continuar nos próximos capítulos em que os referenciais teóricos já mencionados e outros mais, possibilitarão o aprofundamento nos objetivos previstos e questões levantadas para este estudo.

No próximo capítulo (3) é apresentado o percurso metodológico do estudo de doutorado, a fim de possibilitar o alcance de uma maior compreensão sobre a articulação da inovação, o conhecimento químico escolar e o conhecimento científico em Química.

3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Esse estudo se caracteriza como sendo de abordagem qualitativa (Lüdke; André, 1986). Nos estudos em educação Química,

> Isso [ocorre] porque não [se] lida com substâncias, mas sim com pessoas, exigindo melhor descrição do contexto de estudo e compreensão de que em diferentes momentos os resultados podem ser muito diferentes, apesar de se trabalhar com um mesmo grupo de pessoas, sejam professores, alunos ou mesmo contextos de ensino (Mól, 2017, p. 501).

Dessa forma, pode-se dizer que o intuito de um trabalho qualitativo está centrado em descrever fenômenos através de sua investigação e compreensão, levando em consideração o contexto que os cercam, como a cultura e as interações sociais (Mól, 2017). Nessa perspectiva, acredita-se que a realidade que permeia os sujeitos está pautada nas relações construídas em meio ao seu ambiente de convívio social e, por isso, é importante para o pesquisador compreender as inter-relações que são estabelecidas entre os indivíduos e seu contexto (André, 2013), como mais bem especificado no trecho a seguir:

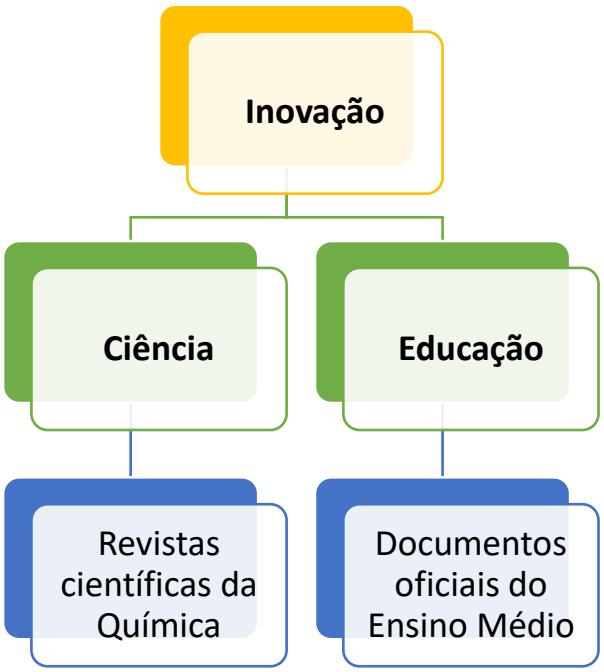
> As abordagens qualitativas de pesquisa se fundamentam numa perspectiva que concebe o conhecimento como um processo socialmente construído pelos sujeitos nas suas interações cotidianas, enquanto atuam na realidade, transformando-a e sendo por ela transformados. Assim, o mundo do sujeito, os significados que atribui às suas experiências cotidianas, sua linguagem, suas produções culturais e suas formas de interações sociais constituem os núcleos centrais de preocupação dos pesquisadores. Se a visão de realidade é construída pelos sujeitos, nas interações sociais vivenciadas em seu ambiente de trabalho, de lazer, na família, torna-se fundamental uma aproximação do pesquisador a essas situações (André, 2013, p. 97).

Nesse sentido é correto afirmar que a pesquisa tem cunho investigativo e diagnóstico em um primeiro momento, ao investigar sobre o que pode ser considerado inovação frente à dois cenários: um que remete à Ciência em especial à Química e, o outro, relacionado a perspectiva da Educação. Nesse processo, pretende-se, a partir de análises, compreender mais sobre a articulação dessas duas distintas e complementares perspectivas da inovação em função dos conhecimentos químico e escolar.

Para isso, inicialmente se construiu um referencial teórico que resultou no Capítulo 2, a partir de buscas em portais e plataformas da internet, como por exemplo, Portal de Periódicos da Capes, SciELO, Web of Science. O que possibilitou a construção de uma revisão de literatura sobre questões que envolvem os currículos escolares, os conhecimentos cotidiano, científico, escolar e suas formas de

articulação com a inovação, bem como maneiras de incorporar a pesquisa científica no contexto da escola básica.

Em seguida, realizou-se uma investigação em duas etapas, conforme Esquema 1, sobre: i) um ensaio sobre os temas mais pesquisados ultimamente na Química, e de que forma são utilizados como aplicações práticas no contexto atual (a metodologia detalhada desta etapa está no subcapítulo 3.1); e ii) a busca pelo maior entendimento do que consta nos documentos oficiais, que orientam e normatizam o Ensino Médio, com relação a inovação (a metodologia desta etapa está no subcapítulo 3.2).

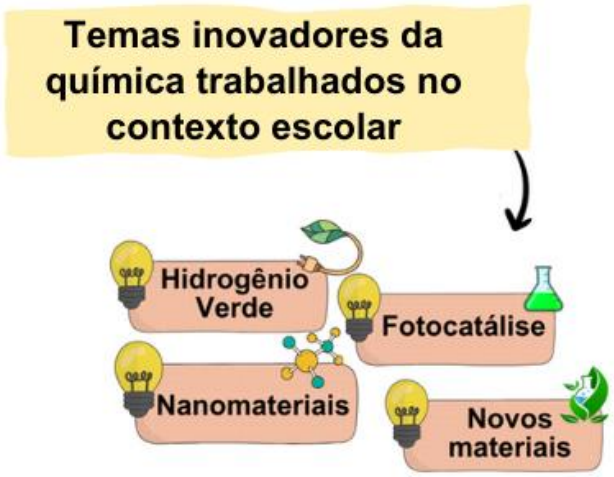


Esquema 1 - Representação das etapas dos estudos articulados ao tema da inovação

A seguir serão apresentadas nos subcapítulos as metodologias específicas utilizadas para cada etapa do presente estudo, incluindo uma terceira etapa, que contemplou a abordagem dos temas no contexto do ensino médio (subcapítulo 3.3). Ou seja, na sequência, se apresentará o modo como foi conduzida a busca por artigos científicos de diversas áreas da Química, a fim de investigar sobre os temas, conteúdos e aplicações que surgem em meio a esse contexto de pesquisa que promove a construção do conhecimento científico e a inovação. Em seguida, será explicitado sobre as buscas e análises realizadas nos documentos oficiais que normatizam e orientam o Ensino Médio, com relação ao que neles é indicado sobre o tema da inovação. E, por fim, é comentado sobre os contextos em que a pesquisa se desenvolveu no contexto escolar, as estratégias e instrumentos de coletas de dados,

bem como sobre a metodologia de análise para a etapa de pesquisa participante, em que se buscou verificar algumas concepções de professores e estudantes com relação a articulação dos conhecimentos inovadores em Química, ao contexto escolar (Figura 1).

Figura 1 - Representação do trabalho com temas inovadores no contexto escolar



Fonte: Autoria própria.

A partir do contexto de estudo que envolveu o processo de mediação didática (Lopes, 1999) dos temas ilustrados na Figura 1, buscando compreender sobre a percepção dos participantes da pesquisa sobre inovação e o trabalho com ela nas escolas, melhor especificado no processo de acompanhamento da produção de cinco atividades, com quatro temas inovadores, muito pesquisados pela Ciência recentemente: o hidrogênio verde como fonte energética; a fotocatálise associada à Química Verde; os nanomaterias na perspectiva das mídias e da saúde humana; e a produção de novos materiais para fins de remediação ambiental. Todo o processo de transformação dos conhecimentos, foi acompanhado e registrado, dando origem ao *corpus* de pesquisa e da metodologia de análise de dados (subcapítulo 3.3).

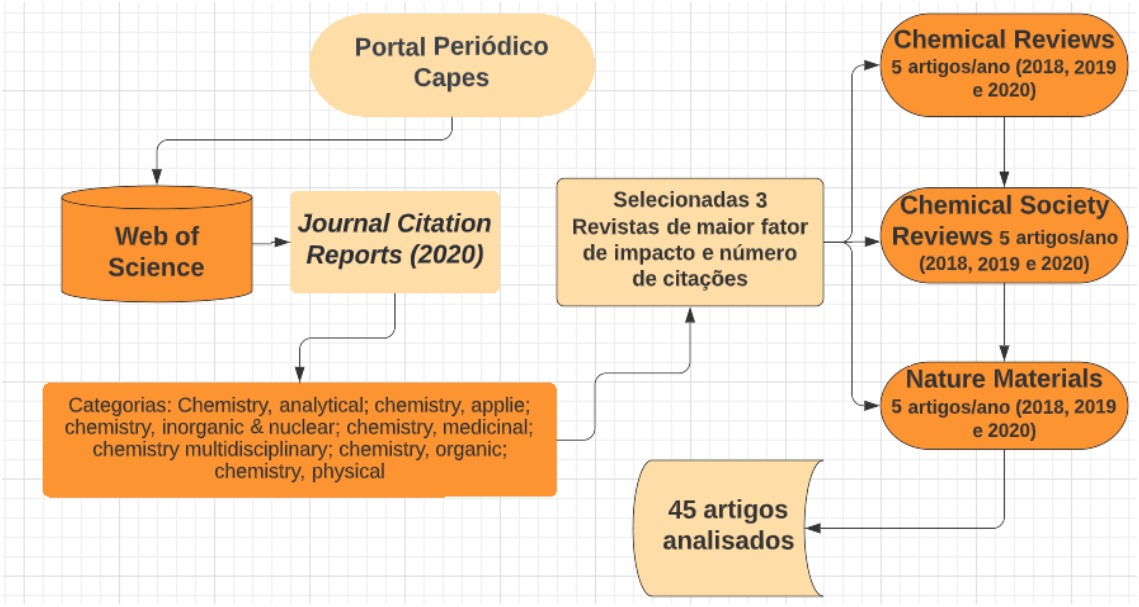
3.1 A inovação no conhecimento químico em temas presentes em artigos científicos

Com a pretensão de responder ao seguinte objetivo específico estabelecido para este trabalho: conhecer e compreender sobre o que existe e pode ser considerado inovador e relevante com relação à pesquisa científica em Química na

atualidade, definiu-se como fundamental a realização de buscas na literatura que pudessem contribuir para um maior entendimento do conceito de inovação no contexto da Ciência Química (resultados no subcapítulo 4.1). Em função disso, realizou-se a leitura de alguns documentos disponibilizados em sites de órgãos de fomento como Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

Em seguida, outras investigações foram realizadas com a finalidade de obter maiores informações sobre alguns dos temas da Química que vêm sendo muito abordados ultimamente, bem como de que forma eles estão sendo trabalhados na Ciência para gerar novas aplicações práticas que podem resultar em produtos, serviços ou métodos e contribuir assim, para o progresso científico e tecnológico e a sociedade no geral. Para isso, no dia 3 de novembro de 2021, no Portal Periódicos Capes, através do acesso CAFe à plataforma, realizando uma busca por base de dados, acessando a *Web of Science*, foi consultado o *Journal Citation Reports* (JCR) 2020 – o qual fornece dados estatísticos em relação à publicações e periódicos científicos (Clarivate, 2022) - com o intuito de identificar as três revistas com maior fator de impacto e as mais citadas neste ano e, por meio desses dados, procurar pelos artigos científicos (dentro dessas três revistas) com os maiores números de citações nos anos de 2018, 2019 e 2020. Para identificar tais revistas, e posteriormente os artigos mais citados desses periódicos nesse intervalo de tempo, foram selecionadas as seguintes categorias de interesse para a busca: Chemistry, analytical; chemistry, applie; chemistry, inorganic & nuclear; chemistry, medicinal; chemistry multidisciplinary; chemistry, organic; chemistry, physical, para que fossem buscadas apenas as revistas da área da Química.

Após a identificação das três revistas científicas com maior Fator de Impacto (FI): Chemical Reviews, Chemical Reviews Society e Nature Materials e número de citações, foram identificados e acessados os cinco artigos com maior número de citações a cada ano (2018, 2019 e 2020), em cada uma dessas três revistas, o que resultou na seleção de quarenta e cinco artigos a serem analisados (Esquema 2).



Esquema 2 - Ilustração sobre o procedimento de busca e seleção de revistas e artigos mais citados na área de Química nos anos de 2018, 2019 e 2020

A análise do material foi organizada a partir da leitura que buscou evidenciar os seguintes elementos centrais em cada texto: i) conhecer os principais temas abordados; ii) compreender o que existe e pode ser considerado inovador; e iii) as possibilidades de contribuição para as pesquisas em Química e de aplicação em questões emergentes à/na sociedade.

Nesse processo, realizou-se inicialmente a leitura integral dos textos, para um reconhecimento geral acerca do que tratavam. Na sequência, a partir da análise dos títulos, resumos, introduções e considerações finais (muitas vezes apresentadas como perspectivas futuras, relacionadas aos campos investigados nos estudos de revisão analisados), procedeu-se à identificação dos principais temas e enfoques dos artigos, por palavras e termos comuns, resultando em oito categorias. Ainda que os estudos analisados fossem de revisão, o que atribui a eles uma grande complexidade (em termos de entendimento) e diversidade (em relação aos conceitos e assuntos abordados e associados aos temas), foi possível identificar quatro focos centrais de pesquisa e temáticas abrangentes, por meio da recorrência de alguns tópicos em vários dos 45 artigos. Os resultados dessa etapa da pesquisa podem ser encontrados no Capítulo 4 (subcapítulo 4.2).

3.2 Análise documental sobre o tema da inovação em documentos oficiais que regulamentam e orientam o Ensino Médio

Com o intuito central de contemplar o objetivo específico estipulado para esse estudo, de conhecer e compreender por meio de buscas em documentos oficiais que orientam e regulamentam o Ensino Médio, o que consta neles em relação a inovação. O estudo envolve uma análise documental, a qual:

> [...] trata-se de um processo de garimpagem; se as categorias de análise dependem dos documentos, eles precisam ser encontrados, extraídos das prateleiras, receber um tratamento que, orientado pelo problema proposto pela pesquisa, estabeleça a montagem das peças, como num quebra-cabeça (Pimentel, 2001, p. 180).

A análise documental permite organizar, extrair informações pertinentes e tratá-las de acordo com o problema proposto (Pimentel, 2001). Conforme Cellard (2008), a análise documental perpassa por duas etapas, a primeira delas seria a análise preliminar, a qual é referente ao estudo do contexto em que se deve observar questões como a confiabilidade dos documentos, suas origens, autoria, no que eles consistem e a lógica interna que os constituí; em um segundo momento, se dá a análise propriamente dita, em que se busca obter informações significativas sobre o objeto de estudo, a partir dos documentos analisados e, assim, desenvolver maior conhecimento sobre as principais questões que envolvem o tema (Lima Júnior et al., 2021).

Ao ter definido o tema da inovação e a busca por melhor compreender no que ela consiste, e de que forma se faz presente nos processos de ensino e aprendizagem, tornou-se fundamental entender sobre como essa palavra se apresenta nos documentos oficiais que orientam e regulamentam o Ensino Médio. Nesse sentido, foram realizadas buscas em sites como do Ministério da Educação (MEC) do Governo Federal e do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, a fim de encontrar os principais documentos que instituem sobre a Educação Básica, em especial sobre o Ensino Médio.

Para a realização desta etapa do estudo, foram selecionados os seguintes documentos:

i) Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (4ª edição – atualizada até abril de 2020);

ii) Parecer n° 1/97 sobre as Orientações Preliminares da Câmara de Educação Básica sobre Lei n° 9.394/96;

iii) Parecer n° 5/97 sobre a Proposta de Regulamentação da Lei 9.394/96;

iv) Parecer n° 12/97 que esclarece dúvidas sobre a Lei n° 9.394/96 (Em complemento ao Parecer CEB nº 5/97);

v) Parecer n° 8/2012 sobre a Análise do Projeto de Lei nº 3.153/2012, de emenda à Lei 9.394/96 (LDB), de autoria da Deputada Andreia Zito;

vi) Base Nacional Comum Curricular (BNCC) atualizada em 2018;

vii) Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica atualizadas em 2013;

viii) Parecer n° 11/2009 sobre a Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio;

ix) Resolução n° 3 de 21 de novembro de 2018 que atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio;

x) Matrizes de Referência de 2022;

xi) Referencial Curricular Gaúcho para o Ensino Médio.

Após selecionada a amostra a ser analisada, realizou-se buscas nos documentos pelo termo “inova”, para que assim, fossem localizadas todas as palavras correlatas como inovar, inovação, inovações, inovadores entre outras. As palavras que continham o termo “inova” em títulos foram desconsideradas da análise. Além disso, no caso de dois documentos - BNCC a análise inicia a partir da página 461, e no caso das Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica de 2013, a análise foi feita entre as páginas 144 até 266 – isso porque se considerou relevante apenas a análise das sessões dos documentos que estabelecem sobre o Ensino Médio em específico.

Os resultados dessa busca e do processo de análise, em virtude de uma maior compreensão sobre o que consta sobre a inovação no contexto educacional a partir de documentos oficiais, estão no próximo Capítulo (subcapítulo 4.3).

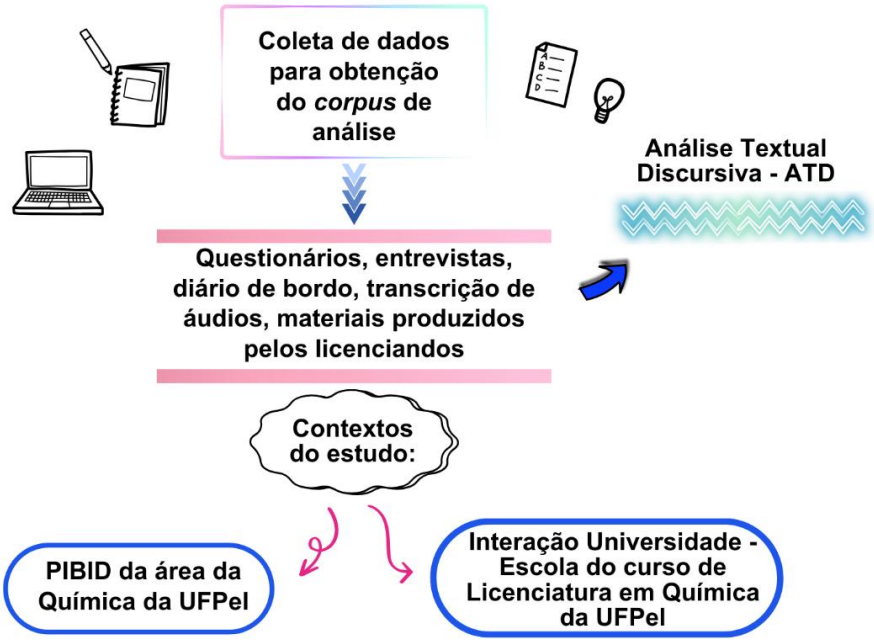
3.3 Contexto e metodologia em atividades que possibilitam a mediação didática do conhecimento inovador de Química para o contexto escolar

Os estudos das seções anteriores (3.1 e 3.2), serviu de base para esta etapa de pesquisa, pois permitiu conhecer e compreender sobre o que existe e pode ser considerado inovador em relação à pesquisa científica em Química, bem como a modos de compreensão sobre a inovação nos documentos oficiais que orientam e regulamentam o Ensino Médio.

O estudo visa a pesquisa participante envolvida na proposição, na elaboração e na implementação de atividades por licenciandos em Química da UFPel, que articulem o Ensino de Química nas escolas básicas, a partir da abordagem de temas inovadores identificados na área da Química. Isso com intuito de responder os objetivos de pesquisa relacionados ao acompanhamento e auxílio no processo de proposição de atividades a serem desenvolvidas em escolas parceiras da universidade, com temas muito pesquisados na Ciência Química atualmente; Assim como, a compreensão sobre como pode se dar o processo de didatização de temas científicos inovadores da Química, para o contexto escolar de Ensino de Química; Além disso, deseja-se compreender sobre as principais implicações para os processos de ensino e aprendizagem de Química, como potencialidades e dificuldades na abordagem de temas inovadores da Ciência na escola.

Nesse sentido, nesta seção, serão apresentados os dois contextos em que a pesquisa se desenvolveu: I) o subprojeto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) - Química da UFPel; e II) o componente curricular de Interação Universidade–Escola do Curso de Licenciatura em Química da UFPel, explicitando sobre o processo de codificação dos dados coletados e analisados. Ainda, será apresentado o como se deu a coleta do material do *corpus* de análise, a partir das atividades que foram acompanhadas em relação ao seu planejamento e desenvolvimento pelos licenciandos, sendo levadas/produzidas junto às escolas parceiras e, ainda, sobre a metodologia de análise empregada para obter os resultados, como ilustrado na Figura 2 a seguir:

Figura 2 - Esquema do processo de construção do corpus de análise



Fonte: Autoria própria.

A coleta de dados se deu através de questionários e entrevistas semiestruturadas (Minayo; Costa, 2018), com professores e licenciandos, escritas em diário de bordo pela pesquisadora, transcrição de áudios oriundos de aulas e/ou reuniões, e de materiais produzidos pelos licenciandos, como textos e relatórios, além das próprias atividades desenvolvidas nas escolas. O processo de coleta de dados e de construção de atividades com temas inovadores ocorreu em dois contextos, melhor descritos na sequência.

3.3.1 Descrição dos contextos em que se desenvolveram os acompanhamentos e as atividades com temas inovadores da Ciência Química nas escolas

A pesquisa participante contemplou dois contextos e sujeitos específicos (conforme indicado na Figura 2): um deles se refere ao grupo de participantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) – Química da UFPel; e o outro se desenvolve com matriculados em Interação Universidade–Escola do curso de licenciatura em Química da UFPel. A pesquisa participante se caracteriza por um maior envolvido entre pesquisador e contextos do estudo (Lüdke; André, 1986). No caso do PIBID, a pesquisadora participou ativamente de reuniões com o grupo, atividades desenvolvidas nas escolas parceiras, auxiliando nas ações do grupo, na proposição de atividades, na orientação e correção de escritas e trabalhos

dos licenciandos. Com relação ao contexto referente a disciplina de Interação Universidade – Escola, a sugestão de temas inovadores a serem trabalhados, o acompanhamento do planejamento das atividades, bem como, o desenvolvimento das mesmas nas escolas contou com a participação da pesquisadora. Tendo em vista o exposto, a seguir serão explicitadas maiores informações sobre os contextos de pesquisa mencionados e os sujeitos participantes da pesquisa.

O contexto do PIBID

O PIBID historicamente é conhecido como um programa capaz de potencializar a formação inicial de professores, ao ponto em que os coloca em contato com seu futuro campo de atuação profissional: a escola. Dessa maneira, os estudantes de licenciatura passam a ter uma visão diferente em relação ao espaço escolar, logo no início do curso, como participantes do PIBID, ao enxergá-la na ótica profissional (Passini et al., 2012). Além disso, o PIBID auxilia na aproximação e construção de parcerias entre universidade e escolas, proporcionando por meio de suas ações, uma formação integrada para os licenciandos, contribuindo com o espaço escolar (Mesquita; Fraiha-Martins; Lima, 2023).

Ao considerar o PIBID um espaço de formação docente importante e que tem proximidade com o espaço escolar, decidiu-se que a pesquisadora se integraria às atividades do Programa durante o período de janeiro de 2023 a abril de 2024, realizando o acompanhamento e desenvolvendo atividades em escolas parceiras que se interessassem por atividades com temas inovadores.

Em meio a esse contexto, surge a parceira com um grupo de pesquisa da UFPel, que realiza estudos relacionados à área de Físico-Química, desenvolvendo novos materiais poliméricos para fins de remediação ambiental, o Laboratório de Tecnologia e Desenvolvimento de Compósitos e Materiais Poliméricos (LaCoPol). A proposta envolveu o acompanhamento de reuniões de seminários do grupo, que ocorriam uma vez por semana, e tinham como tema, a apresentação e discussão de artigos científicos da área que se relacionassem ao trabalho desenvolvido pelos pesquisadores do grupo, de modo que esses estudos pudessem aprimorar o que vinha sendo pesquisado. Nesse sentido, os acompanhamentos às reuniões do LaCoPol poderiam auxiliar um dos grupos integrantes do PIBID, na compreensão das

inovações desenvolvidas, além de possibilitar um maior contato com a área científica da pesquisa “de bancada” que envolve a Química.

Nesse processo ficou acordado que dois integrantes do grupo LaCoPol, ambos estudantes de doutorado, seriam os responsáveis pelo intermédio com o grupo da inovação, constituído por seis estudantes, do PIBID – Química da UFPel. Os pesquisadores do grupo encaminharam artigos científicos e trabalhados publicados em eventos, sobre dois projetos que eram por eles realizados, para que os participantes do PIBID pudessem estudar sobre os temas. Um deles foi selecionado, em função de já estar em processo avançado de estudo e ter seus resultados publicados em revistas da área. O estudo intitulado: *Polypyrrole/stearic acid-coated Luffa cylindrica for enhanced removal of sodium diclofenac from water: Batch and continuous adsorption studies*, publicado na revista: *Journal of Cleaner Production*, em 2023, fundamentou a primeira atividade com um tema inovador da Ciência Química desenvolvido em escolas, referente à produção de novos materiais para remediação ambiental.

Além das reuniões semanais com o grupo LaCoPol, a atividade do grupo da Inovação do PIBID contava com reuniões semanas com os demais integrantes do Pibid-Química: 16 licenciandos (apesar de algumas variações do número); 2 professores de escola; e 3 professores do ensino superior. Dessa forma, o grupo geral, que contava com a coordenação geral da professora Dra. Bruna Adriane Fary, foi subdivido em três subgrupos: um sob coorientado pelo Prof. Dr. Diogo La Rosa Novo, com foco na experimentação; um coorientado pelo Prof. Dr. William Boschette, com foco nas questões ambientais; e um coorientado pela doutoranda em questão, com foco na inovação. É importante ressaltar que apenas o subgrupo da inovação acompanhava as atividades do grupo LaCoPol e serão referidos como sujeitos de pesquisa desta tese.

As reuniões gerais do grupo do PIBID, que contava com a presença dos três subgrupos, serviam como meio de orientar os participantes em relação ao trabalho a ser desenvolvido, aos prazos para a elaboração de atividades, e avisos pertinentes. Porém, além disso, havia um espaço destinado aos relatos dos licenciandos, em relação ao que eles acompanhavam nas escolas, eram momentos de descontração, apreensão, compartilhamento de problemas, propostas e busca de soluções. Essas reuniões aconteciam no Colégio Municipal Pelotense, a qual é uma instituição da rede

pública do município da cidade de Pelotas/RS, localizada na zona central, abriga alunos de ensino fundamental e médio. A escola se mantém em funcionamento durante os três turnos, as reuniões do PIBID ocorriam no turno da noite. Os licenciandos realizavam suas atividades de acompanhamento e intervenção nas turmas da manhã, sob regência de um professor supervisor, em turmas de primeiro ano do ensino médio, bem como em um itinerário formativo destinado exclusivamente a realização de atividades experimentais de Química.

Além da escola Pelotense, no grupo do PIBID, a partir do segundo semestre, houve a participação de mais uma outra escola: o Colégio Estadual Félix da Cunha, juntamente de um professor supervisor que passou a integrar o grupo do PIBID. Nesse espaço escolar, os licenciandos realizavam atividades de acompanhamento e intervenção em turmas de primeiro ano do ensino médio.

Com relação especificamente ao subgrupo da inovação, houve variação na composição dos integrantes. Inicialmente continha três licenciandos e um bolsista de iniciação científica e, posteriormente, outros licenciandos foram incluídos ou redirecionados a outros subgrupos. Em razão disso, seis licenciandos foram considerados na coleta e na análise de dados.

O contexto de Interação Universidade-Escola

O segundo contexto de acompanhamento desta pesquisa ocorreu durante o semestre letivo de 2023/2, no componente curricular obrigatório de Interação Universidade-Escola, ofertado no 4º semestre do curso de licenciatura em Química da UFPel, com carga horária de 60h (4 créditos), sendo 15h (1 crédito) teóricas e 45h (3 créditos) em extensão. Como já comentado anteriormente (vide capítulo 2, seção 2.5), a extensão universitária é uma das possíveis maneiras de promover um diálogo entre a pesquisa científica e a comunidade, possibilitando a apresentação de inovações na e com a sociedade (Campani; Silva; Parente, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). A extensão viabiliza a participação ativa dos graduandos em ações sociais e na comunidade, ao mesmo tempo que contribuem para o atendimento de demandas, na divulgação da Ciência, também, promovendo formação profissional (Bachmann, 2018).

Segue a ementa da disciplina de Interação Universidade-Escola:

> Processo de mediação didática de conteúdos de Química. Projeto de extensão com abordagens teórico-metodológicas para o ensino de e sobre

> Ciências/Química. Relação entre Química e cotidiano para alfabetização científica e tecnológica. Atividades de interação e de ensino que contemplem: os direitos humanos; a inclusão (educação especial); o respeito ao meio ambiente; as diferentes etnias e culturas. Autoavaliação e avaliação da atividade extensionista. Componente curricular vinculado ao Projeto de Extensão: “Professores de Química em formação com e na comunidade escolar” (código 3827). (UFPel, 2021, p. 64)

A disciplina segue os preceitos da extensão universitária, vinculado ao Projeto de Extensão: “Professores de Química em formação com e na comunidade escolar”, que prevê a participação dos licenciandos em escolas de Educação Básica.

A realização da disciplina ocorreu no período de outubro de 2023 até março de 2024, contando com a participação de sete licenciandos participantes. A doutoranda também contribuiu ao longo do andamento das atividades, junto aos professores titulares. Nesse sentido, no decorrer da disciplina, os licenciandos foram convidados a formar grupos para o planejamento e a realização de atividades a serem levadas às escolas parceiras.

Ao corroborar a perspectiva de que a extensão é uma possibilidade de inserir a inovação no contexto social, em função de ter essa característica de aproximação e dialogicidade entre a universidade e as comunidades (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Nesse sentido, se propôs a elaboração de atividades que envolvessem a mediação didática de temas inovadores da Ciência Química ao contexto escolar. Sabendo das demandas dos professores da escola para atividades experimentais nas escolas, as intervenções a serem realizadas contariam com temas de interesse dos docentes da Educação Básica, mas buscando a relação com a inovação científica.

Com vistas a identificar possibilidades e demandas dos professores das escolas parceiras do Curso de Licenciatura, foram contatados docentes que lecionam na etapa do ensino médio, em escolas públicas de Pelotas, tendo a resposta de 6 professores. Denomina-se escolas parceiras aquelas instituições com parceria pré-estabelecida com a universidade, pois costumam receber as propostas, contribuir e ceder espaço para que atividades sejam desenvolvidas. Após os professores terem respondido o contato inicial, foi enviado um questionário de triagem (Apêndice 1), em que eles informariam a disponibilidade de turmas, horários, e interesses em receber temas inovadores. Foram sugeridos aos docentes três temas, além de ser deixado em aberto a oportunidade de sugestão do próprio professor:

a) Produção de polímeros e novos materiais para fins de remediação ambiental;

b) Nanotecnologia associada à promoção de melhorias na Ciência e na saúde humana;
c) Produção de novos e/ou reformulados métodos para promoção de energia limpa e sustentável.

Todos professores responderem sobre o interesse de temas a serem trabalhados e, assim, manifestaram a disponibilidade de espaço e tempo para a atividade a ser realizada pelos licenciandos na escola: os seis docentes assinalaram o tema de nanomateriais; cinco deles a produção de energia limpa e sustentável; e quatro a produção de polímeros e novos materiais, para fins de remediação ambiental. Apenas um docente, que assinalou todas as opções, sugeriu o tema de síntese orgânica para a abordagem no contexto escolar.

Em função dos horários disponíveis na disciplina de Interação Universidade-Escola e dos fornecidos pelos docentes da Educação Básica, três escolas estaduais da cidade de Pelotas foram selecionadas para receber as atividades com temas inovadores: o Colégio Estadual Felix da Cunha (que também recebe o grupo do PIBID – Química); o Instituto Estadual de Educação Assis Brasil; e a Escola Estadual de Ensino Médio Santa Rita. As escolas recebem estudantes de diferentes localidades, contam com uma infraestrutura precária, com carência para realização de práticas experimentais, sendo que uma delas não possui laboratório de Ciências.

Além das três escolas mencionadas, os licenciandos da disciplina foram convidados e aceitaram a participação em um evento promovido pelo Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul – Pelotas), nos dias 30 e 31/10/2023. Os licenciandos da disciplina se integraram em oficinas pré-existentes, sendo que um dos temas inovadores selecionados para as atividades envolveu os nanomaterias na saúde humana. Essa intervenção havia sido preparada no contexto do PIBID – Química, e não havia sido desenvolvida em nenhuma das escolas parceiras em função dos conteúdos programados pelos professores supervisores. Portanto, tornou-se uma ótima oportunidade para que o licenciando do PIBID, que participou da construção da atividade, pudesse desenvolvê-la (esse discente participou de ambos os contextos da pesquisa). O IFSul Pelotas é uma instituição que oferece formação de nível médio e técnico em Design de Interiores, Design Gráfico, Edificações, Eletromecânica, Eletrônica, Eletrotécnica, Mecânica, Química e Telecomunicações nas modalidades integrada, concomitante e subsequente (IF-SUL, 2015).

Além da atividade elaborada pelo subgrupo da inovação no contexto do PIBID, e levada até o evento BioFisQui do IFSul, a qual se referia a nanomateriais e a saúde humana, os outros temas, incluindo da síntese orgânica, farão parte dos registros desta pesquisa.

Diante ao exposto, ao elencar os temas propostos com inovações recentes da Ciência Química, as atividades de ensino receberam os seguintes titulos: produção de hidrogênio verde como forma de energia limpa; fotocálise e Química Verde como possibilidades de diminuir o impacto da produção Química na natureza; nanociência e nanotecnologia no contexto midiático; nanomateriais para o tratamento de câncer; e produção de novos materiais voltados a remediação ambiental. Os três primeiros temas foram desenvolvidos no contexto da disciplina de Interação Universidade-Escola, e os dois últimos no contexto do PIBID-Química.

A codificação dos sujeitos de pesquisa

Com o intuito de garantir o anonimato dos participantes da pesquisa, bem como de facilitar o tratamento dos dados coletados, realizou-se a seguinte codificação aos sujeitos de pesquisa:

“L” aos licenciandos, seguido de um número (L1, L2), que indica um sujeito diferente.

“LPi” aos licenciandos (L) participantes do PIBID – Química (Pi), do subgrupo da inovação, seguido de um número.

“LDi” aos licenciandos da disciplina de Interação Universidade-Escola, seguido de um número.

“PEBDi” os docentes da escola básica que responderam ao questionário de triagem como participantes da pesquisa no contexto da disciplina;

“PESDi” aos professores formadores, responsáveis pela disciplina.

LPi1 e LDi1 é o único discente participante dos dois contextos de pesquisa, assim como a estudante pesquisadora de doutorado, codificada da seguinte maneira: EPDPi e EPDDi. Nesse sentido, a codificação vai acompanhar o contexto de origem de cada discussão.

As codificações são acompanhadas de um número, escolhido aleatoriamente, como meio de diferenciação entre os participantes da pesquisa.

Além disso, por meio da(s) letra(s) final(is) dos códigos, é possível verificar a origem do fragmento analisado, de acordo com o instrumento de coleta de dados:

“Q” para fragmento oriundo de respostas a questionários.

“TA” para fragmento oriundo de transcrição de áudio (gravações de aulas para disciplina (Di) e reuniões ou entrevistas para o PIBID (Pi).

“R” para fragmento oriundo de relatório da disciplina.

“DB” para fragmento de diário de bordo da pesquisadora (EPD).

Os discentes participantes da pesquisa tinham perfis bastante distintos entre si, conforme Quadro 1 que contém algumas informações:

Quadro 1 - Identificação dos licenciandos participantes do PIBID

Código do licenciando	**LPi1**	**LPi8**	**LPi9**	**LPi10**	**LPi11**	**LPi12**
Semestre do curso	5º	6º	2º	2º	2º	4º
Tempo no PIBID (em meses)	6	12	1	2	4	12
Se já participou de outro subgrupo (sem ser o da inovação)	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Autoria própria.

Com base nas informações do Quadro 1, respondida pelos licenciandos durante uma reunião do subgrupo da inovação em janeiro de 2024, podemos perceber estudantes de diferentes períodos da graduação, com distintas experiências referentes ao tempo de atuação no PIBID. Além disso, é importante destacar que o licenciando LPi8 participava do grupo, porém, era um aluno voluntário ao programa, em função de exercer atividades como bolsista de iniciação científica.

Com relação aos licenciandos participantes do contexto da disciplina de Interação Universidade-Escola, vale ressaltar que LDi4 e LDi5 estão cursando Licenciatura em Química ao mesmo tempo em que desenvolvem o curso de doutorado em Química, ambos são graduados no curso de Bacharelado em Química Industrial, e possuem mestrado em Química. Além disso, vale destacar que LDi1 e LDi2 não se encontram regulares no curso, ou seja, não pertencem ao 4º semestre da graduação conforme período indicado para a realização da disciplina. Todos os participantes desse contexto (disciplina de Interação Universidade – Escola), com exceção de LDi2 fazem parte, ou já fizeram de algum programa de iniciação científica e/ou à docência.

Cabe destacar que a pesquisa seguiu os princípios de ética na pesquisa, ao passo que o estudo está vinculado ao projeto “Conceitos fundamentais da Ciência: um percurso epistemológico”, aprovado no Comitê de ética: CAAE: 57095622.2.0000.5317, parecer número: 6.602.546, em que a pesquisa de

doutoramento está vinculada. Os sujeitos assinaram os termos de consentimento livre e esclarecido, conforme modelo anexo 1.

Tendo em vista, todo o exposto até o momento, na próxima seção serão apresentadas as atividades que foram elaboradas e desenvolvidas pelos licenciandos, no contexto das escolas de Educação Básica, referentes a temas inovadores da Ciência Química.

3.3.2 Descrição sobre as atividades desenvolvidas com temas inovadores nas escolas

A seguir serão descritas as cinco atividades desenvolvidas e implementadas no contexto das escolas parceiras. Elas foram desenvolvidas pelos licenciandos do PIBID (duas delas) e da disciplina de Interação Universidade-Escola (três delas), e contaram com a orientação e apoio da pesquisadora de doutorado e dos professores formadores. Também, será comentado sobre o contexto em que se desenvolveram as atividades nas escolas, focando em informações como: data, quantidade de estudantes que participaram das atividades, anos da Educação Básica, e a quantidade de tempo das intervenções.

Nanomateriais e a saúde humana

Como já mencionado neste estudo, a pesquisa em relação a nanomaterias vem se destacando na Ciência atualmente. Suas diversas possibilidades de aplicações despertam grande interesse à área de estudo, nos métodos de obtenção desses materiais, nas propriedades que seus produtos podem apresentar, nos benefícios e malefícios que os nanomateriais podem acarretar para o avanço tecnológico e social, além das implicações ambientais e à saúde humana. Alguns desses estudos vêm ocorrendo em relação a utilização de nanomateriais para diagnósticos e tratamento de doenças, como o câncer, por exemplo (Liu et al., 2019; Sindhwani et al., 2020).

Nesse sentido, no subgrupo do PIBID – Química, emergiu a proposta de elaborar um Júri Simulado referente aos nanomateriais empregados no diagnóstico e como alternativa à quimioterapia no tratamento de câncer. Os licenciandos envolvidos na ideia, no planejamento e desenvolvimento dessa proposta foram LPi1, LPi8, LPi11 e LPi12.

Para que fosse possível a construção da atividade, inicialmente, vários materiais que discutem sobre o tema foram pesquisados, assim como notícias em portais e artigos científicos da área de Química. Com o intuito central de unir material adequado para o desenvolvimento de um Júri Simulado, o qual deveria apresentar informações suficientes para que se criassem argumentos favoráveis e contrários aos métodos de tratamento do câncer postos em questão, no caso: i) da quimioterapia, como trato convencional e amplamente utilizado para essa doença; e ii) da terapia a base de nanomateriais, como possível alternativa. Além de haver também a necessidade de explicar aos estudantes durante a atividade, sobre a doença em questão, como no que consiste o câncer e suas principais implicações para o organismo humano.

Dessa forma, a atividade consistia em apresentar aos estudantes o tema, iniciando pela discussão sobre o câncer como doença que atinge milhares de pessoas no mundo inteiro, sendo fatal em diversos casos. Em seguida, era comentado sobre os tratamentos conhecidos e consolidados cientificamente para a doença, como no caso da quimioterapia, introduzindo a ideia de argumentação referente aos efeitos colaterais severos causados. Após, seria comentado brevemente sobre os nanomateriais, tornando evidente aos estudantes que esses representam uma possibilidade ainda pouco conhecida, considerando a aplicação em pacientes reais. Porém, salientando que existem estudos promissores com relação a terapia nanoteranóstica.

Em seguida, apresentava-se aos estudantes uma situação problema, a qual daria origem a discussão do júri. Nesse caso, a proposta era debater sobre o caso hipotético: uma senhora de 80 anos que apresenta câncer em estágio avançado. Os estudantes então, receberiam o material de apoio (vide apêndice 2) contento informações importantes com relação à doença, a quimioterapia e seus fármacos utilizados, bem como sobre o procedimento de nanoteranóstica e utilização de nanomateriais como alternativa ao tratamento da doença (Figura 3). Três grupos de estudantes deveriam se formar: i) um deles defenderia a quimioterapia como tratamento consolidado; ii) um segundo grupo ficaria responsável pela defesa tese de que os nanomateriais poderiam representar um tratamento mais direcionado especificamente ao câncer, sem afetar o corpo todo; iii) e o terceiro grupo constituiria

o júri, o qual decidiria se a senhora com câncer da situação hipotética, utilizaria a quimioterapia ou a nanoteranóstica como tratamento.

Figura 3 – Exemplo de reportagens utilizadas na atividade de nanomateriais e saúde humana

Fonte: Autoria própria.

A atividade foi desenvolvida pelo grupo de licenciandos do PIBID, porém implementada apenas no contexto da disciplina de Interação Universidade-Escola pelo licenciando LPi1 (também participante do PIBID e autor da atividade em questão). Ela foi realizada como uma oficina ministrada no evento BioFisQui (1ª edição como feira de ciências da natureza) no IF-Sul do campus Pelotas. A atividade foi realizada no dia 30 de outubro de 2023, tendo 1h e 45 minutos para sua realização. Embora ofertada para estudantes dos segundos e terceiros semestres dos cursos técnicos integrados, e vários tendo realizado a matricula na atividade, apenas um estudante do curso de eletrônica compareceu. O evento sugeriu que a atividade não fosse realizada, e que o estudante participasse de outra atividade, mas ele não aceitou a proposta. Dessa forma, a atividade foi realizada com apenas este participante, e o Júri Simulado programado virou um debate entre o licenciando, a pesquisadora/doutoranda e o estudante, o qual demonstrou grande interesse e conhecimento prévio sobre o tema.

Novos materiais para fins de remediação ambiental

Outro tema abordado e defendido na perspectiva de inovação na Ciência, está relacionado com a produção de novos meios, materiais e métodos para remediação ambiental. Vários estudos estão seguindo a linha de repensar práticas que contribuam para poluição do planeta, porém o cuidado com a recuperação de um ambiente que já sofre com a contaminação também tem ganhando atenção. Por exemplo, existem pesquisas que apontam para métodos sustentáveis de conversão de dióxido de

carbono (Artz et al., 2018), estratégias que envolvam a captura dessas espécies geradas pela poluição humana (Ding et al., 2019) e o desenvolvimento de materiais adsorventes para captura de íons e metais tóxicos (Li et al., 2018).

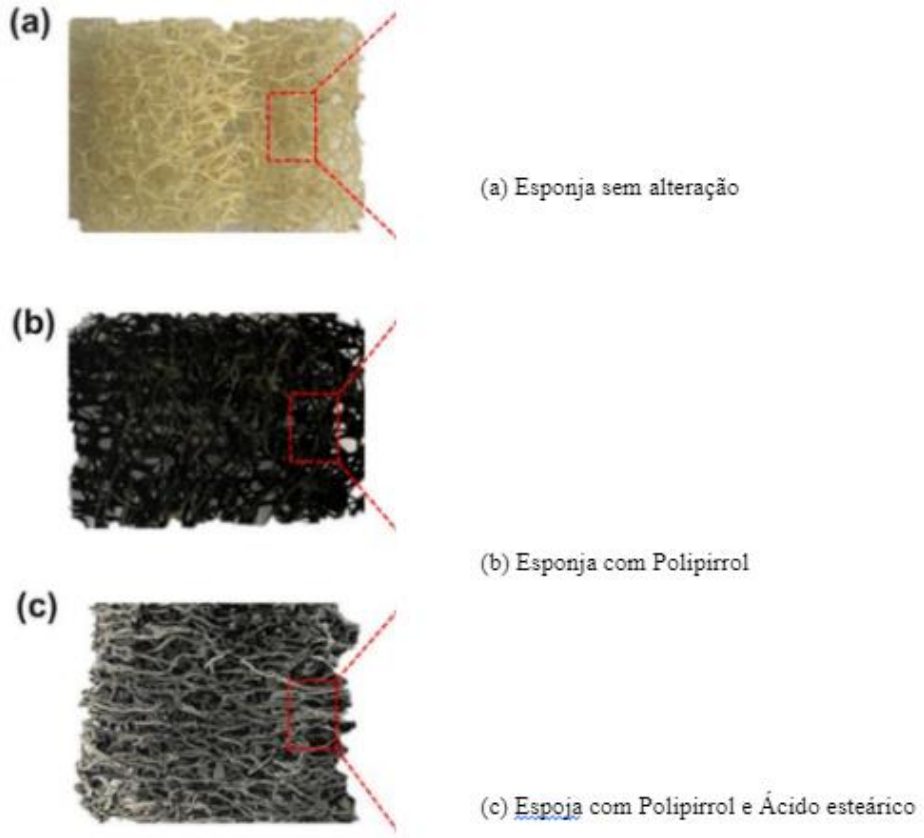
Seguindo essa perspectiva, os licenciandos LPi8, LPi1 e LPi12, participantes do Pibid e das reuniões com o grupo LaCoPol, ao compreenderem sobre as pesquisas que o grupo desenvolve, desenvolveram a proposta de elaborar novos materiais para remediação ambiental. A ideia central era de que os estudantes da escola básica compreendessem a importância de estudos relacionados à remediação ambiental, compreendendo esse conceito, ao elencar a ele algumas aplicações possíveis do cotidiano, e também relacionando-os com a Ciência Química. A oportunidade dava espaço ainda, a divulgação da pesquisa inovadora realizada pelo grupo LaCoPol. O grupo trabalha com o revestimento, a partir de procedimentos químicos, da *Luffa Cilíndrica* (conhecida como esponja vegetal), atribuindo a ela uma funcionalização como adsorvente para alguns tipos de fármacos com características hidrofóbicas, como, por exemplo, o diclofenaco de sódio, que poluir corpos hídricos, a partir do consumo humano e da atividade industrial.

Ao considera o material produzido pelo grupo LaCoPol, os licenciandos elaboraram um roteiro de atividade prática, para que os estudantes da escola pudessem realizar dois tipos de processo de separação de misturas, um seria com a *Luffa Cilíndrica* modificada e o outro um processo de decantação, com a proposta de separar o óleo da água. Porém, como o material produzido pelo grupo LaCoPol era modificado quimicamente e produzido em pequena escala, seria difícil desenvolver essa prática no contexto escolar. Por essa razão, o roteiro foi convertido em um Júri Simulado sobre o tema.

Na proposta de ensino, após a apresentação dos materiais e possíveis formas de como os métodos da esponja vegetal modificada e de decantação funcionariam, apresentou-se a situação problema: a separação do petróleo da água do mar. Dessa forma, os estudantes foram divididos em três grupos: um deles, recebeu materiais com informações pertinentes (sobre o revestimento da esponja, interações intermoleculares, adsorção, entre outros) para fundamentar uma argumentação sobre a utilização da *Luffa Cilíndrica* em um processo experimental de larga escala, no qual parte do material de partida para a obtenção da esponja seria natural, e ainda sobre os benefícios relacionados ao processo de adsorção; um segundo grupo de

estudantes recebeu materiais relacionados ao processo de decantação, seus benefícios para atividade em larga escala (vide apêndice 2); e um terceiro grupo, consistiria na representação do júri, que iria decidir sobre qual método seria o mais vantajoso de ser implementado nesse contexto hipotético (Figura 4).

Figura 4 - Esponja vegetal e a mesma após etapas de modificação química de sua estrutura



Fonte: Adaptado de Costa; Fajardo, 2023, p. 4.

A atividade foi desenvolvida em duas ocasiões distintas, sendo a primeira delas na oficina Sábado em foco, no colégio municipal Pelotense, em que se desenvolvia o PIBID – Química UFPel, no dia 16 de setembro de 2023. Nessa oportunidade, doze estudantes de primeiro e segundo ano do ensino médio participaram da atividade, que teve duração de, aproximadamente, 50 minutos. O outro contexto de desenvolvimento ocorreu como uma oficina no evento BioFisQui no IF-Sul, em 30 de outubro de 2023, com a participação de dois estudantes, e os licenciandos LPi8 e LPi12 que conduziram a atividade em ambas as ocasiões, no IF-Sul representaram o júri.

Produção de hidrogênio verde como recurso energético limpo

O tema relacionado a produção de energia limpa e sustentável, vem se destacando consideravelmente há muitos anos no contexto mundial. A crescente demanda por matriz energética e os grandes riscos envolvidos nas formas tradicionais de obtenção deste recurso, fazem com que os especialistas busquem por novas formas de abastecimento. Em meio a esse contexto, surge a possibilidade de produzir hidrogênio a partir da separação da molécula de água, por exemplo. Como uma alternativa que pode vir a ser viável num futuro próximo. O que ainda dificulta a implementação em larga escala desse processo, se refere ao processo e ao custo para ocasionar a divisão das moléculas de água, demandando estudos avançados sobre catalisadores que poderiam atuar mediante a incidência de luz solar, por exemplo (Wang; Li; Domen, 2019; Wang; Domen, 2020). Ainda que esses estudos inovadores sejam promissores, e estejam em fase de desenvolvimento e aprimoramento, o processo mencionado, pode se tornar uma realidade plausível para a sociedade, sendo um tema importante de discussão no contexto escolar.

A atividade foi desenvolvida pelos licenciandos LDi1 e LDi2, em que, de acordo com eles, teve o objetivo de: “discutir sobre o assunto de matriz energética sustentável, onde foi planejada uma reação química de eletrólise, para mostrar a síntese do hidrogênio, juntamente com a estequiometria da reação” (LDi1). A estrutura da atividade contaria com um primeiro momento, de diálogo com os estudantes, em que seriam levantadas algumas questões prévias, como por exemplo: “O que é sustentabilidade?”, “Quais as formas de obter energia que são mais conhecidas?”, “Como chega a energia até sua casa?”, “Por que se busca pela sustentabilidade?”, “O que são combustíveis fósseis?”, “Já ouviram sobre efeito estufa? O que é?”; “Já ouviram falar em hidrogênio verde?”.

Após o momento de diálogo, em que se inicia o tema a partir de discussões em relação ao que é conhecido pelos estudantes da escola, os licenciandos passavam a apresentar: o tema de hidrogênio verde, relacionando-o com outras perspectivas de matriz energética, discutindo assim sobre vantagens e desvantagens de cada uma delas, como por exemplo, da energia nuclear, da utilização de painéis solares, entre outros.

Em seguida, os licenciandos realizavam uma atividade experimental demonstrativa, em que produziam uma reação de eletrólise, por meio de água, bicarbonato de potássio em contato com duas barras de grafite conectadas à uma

pilha de 9 volts. Sendo assim, era visível aos estudantes das escolas, a formação de gás, representado por “bolhas”. Ao mesmo tempo em que isso acontecia, os licenciandos escreviam no quadro a reação como representação do processo de eletrólise que ocorria, associando o tema discutido com os conceitos de reações químicas e estequiometria (Figura 5).

Figura 5 - Atividade do hidrogênio verde como fonte energética, sendo desenvolvida na escola

Fonte: Arquivo pessoal.

A atividade inicialmente foi realizada no dia 27 de novembro de 2023 na escola Assis Brasil, com três turmas distintas: a primeira com oito estudantes de segundo anos do ensino médio; a segunda com oito alunos de segundo ano do ensino médio; e a terceira turma com sete alunos de primeiro ano. O tempo disponível foi de 45 minutos para a realização da atividade, com cada turma.

No dia 4 de dezembro de 2023, a atividade foi desenvolvida novamente, dessa vez, na escola Feliz da Cunha. Nessa ocasião haviam dez estudantes presentes em sala de aula, a atividade foi realizada apenas com essa turma de primeiro ano do ensino médio, e teve duração de 90 minutos. Tendo em vista, o maior tempo disponível com esta turma, os licenciandos prepararam uma apresentação de slides sobre o tema de energia, os quais foram apresentados a turma enquanto discutiam o assunto, no momento de diálogo inicial. Nos slides continham informações sobre energia sustentável, hidrelétricas, biomassa, energia eólica, energia solar, energia nuclear, entre outras.

Reações fotoquímicas: uma alternativa para tornar a Química Orgânica mais sustentável

Uma temática que é bastante discutida no contexto da pesquisa em Química, diz respeito à catálise. Isso porque a utilização de catalisadores em processos reacionais costuma garantir bons resultados, ao promover reações que não ocorreriam naturalmente. Ou ainda, potencializando resultados a partir do ganho de

maiores rendimentos reacionais, auxiliando na seletividade para obtenção de produtos desejados e, até mesmo, diminuindo os gastos energéticos empregados nesses processos (Zhu et al., 2020; Du et al., 2020; Liu; Corma, 2018). Porém, recentemente, os estudos que vem se destacando neste campo se referem, em grande parte, à pesquisa para obtenção e aplicação de fotocatalisadores, sendo estas espécies capazes de promover reações a partir da interação com a luz visível (Wang; Domen, 2020; Wang; Li; Domen, 2019). Em função de toda a apreensão vivida com relação ao aumento dos problemas ocasionados ao meio ambiente, por conta da atividade humana, incluindo, como fonte de uma delas, a indústria Química, é fundamental pensar e discutir no meio social sobre todas essas questões.

A atividade discutiu sobre a utilização de fotocatalisadores como possibilidade de minimizar os danos causados pela atividade Química na natureza. Dessa forma, aborda relações entre a Química Orgânica e a Química Verde, discutindo questões ambientais. Vale destacar que os licenciandos que desenvolveram a atividade – LDi3 e LDi4 – são graduandos no curso de licenciatura em Química, mas também atuam como pesquisadores de doutorado na linha de síntese orgânica.

Em um primeiro momento, a atividade iniciou por meio de questionamentos, como: “vocês sabem o que é Química Orgânica?”; “já ouviram o termo orgânico (alimento orgânico)?”; “vocês acham que as atividades das indústrias químicas influenciam na poluição do meio ambiente?”; e “vocês já ouviram o termo ‘Química Verde’? sabem do que se trata?”. Em seguida, tinham início as discussões e, com base nas respostas dos estudantes, os licenciandos introduziam os conceitos correspondentes, aos que geravam dúvidas a partir dos questionamentos levantados de início, como, por exemplo, sobre: o que é Química Orgânica, o modo como compostos orgânicos podem ser encontrados no cotidiano, a síntese desses compostos, a poluição causada pelas industrias nessa área, a filosofia da Química Verde, e o conceito de fotocatalisadores, por meio de associações com fenômenos do cotidiano (como desbotamento das roupas, as pulseiras luminescentes de festa, entre outros. Esse momento contou com a distribuição, aos estudantes, de um material de apoio que continha algumas informações (vide apêndice 4).

Após, foi realizado um experimento demonstrativo, usando como recursos aparelho de luz visível (adaptado pelos próprios licenciandos, equipado com luz de Led azul), tubos de ensaio, etanol e fotocatalisadores. Vale destacar que todos esses

materiais foram levados até a escola, por meio dos licenciandos e com apoio de recursos do grupo de pesquisa. Durante a atividade experimental (Figura 6), os estudantes percebiam que no tubo de ensaio que continha apenas etanol, quando exposto a luz azul, não havia mudança de coloração. Porém, nos demais tubos de ensaio, que continham além de etanol, os fotocatalisadores, havia mudança de cor ao serem submetidos a luz de Led azul: no tubo contendo *Eosina Y* a cor passava a ser avermelhada; o tubo com *azul* de *Comassie* apresentava-se incolor quando exposto ao Led; no tubo contendo o composto *Rose bengal* a cor passava a ser laranja fluorescente; e no tubo com etanol, não havia mudança de cor.

Figura 6 - Atividade sobre fotocatalisadores e Química Verde sendo desenvolvida na escola

Fonte: Arquivo pessoal.

A atividade foi realizada primeiramente na data de 27 de novembro de 2023, na Escola Estadual de Ensino Médio Santa Rita com duas turmas de terceiro ano do ensino médio: a primeira tinha onze alunos, e a segunda nove estudantes, sendo que as atividades, em ambas as turmas, foram realizadas em 40 minutos. No dia 4 de dezembro de 2023 a atividade foi levada até o Colégio Estadual Felix da Cunha. Na ocasião, as duas turmas de primeiro ano do ensino médio foram unidas para acompanhar a intervenção, totalizando quinze alunos presentes, e 45 minutos para realização da atividade.

Não é feitiçaria é nanotecnologia

O termo “nano” está cada vez mais presente nos estudos realizados pela Ciência, não necessariamente relacionados apenas a área de Química, mas a produção de novos materiais, o que envolve uma grande diversidade de conhecimentos produzido. De um modo geral, estudos apontam pesquisas que investigam sobre nanoenzimas (Huang; Ren; Qu, 2019), nanofibras (Xue et al., 2019), nanocatálise (Wang; Astruc, 2020), nanopartículas (Zhu et al., 2020), nanomateriais

(Jin et al., 2018; Wu et al., 2019), entre outros, como produtos finais ou utilizados em processos para a obtenção de produtos finais. Dessa forma, podemos perceber a relevância atual do tema, de discuti-lo em contexto sociais, como o ambiente escolar, a fim de disseminar maiores conhecimentos sobre a nanociência. Essa grande abrangência de investigações e aplicações inovadoras da nanociência e da nanotecnologia, torna o assunto bastante potente em relação a possibilidade de abordagem no Ensino de Química.

Nesse sentido, o grupo formado pelos licenciandos LDi5, LDi6 e LDi7, prezaram pelo desenvolvimento de uma atividade que fosse capaz de discutir sobre nanotecnologia, a partir de sua representação projetada na mídia: “o objetivo era de desmistificar a nanotecnologia frente a representações fantásticas presentes em filmes e séries e outros meios de comunicação” (LDi7). Para isso, os licenciandos iniciavam as discussões fazendo questionamentos aos estudantes sobre o tema, como: “o que entendiam das palavras nanotecnologia e nanociência, já ouviram falar sobre estes termos? o que significam?” “qual a diferença entre um e outro?” “onde já viram e/ou ouviram falar sobre?”. Em seguida, os licenciandos se utilizavam de notícias de jornais e cenas retiradas de filmes populares de super-heróis que envolvem a temática da nanotecnologia em suas histórias para explicar superpoderes, como no caso do Pantera Negra, Homem de Ferro e Homem-Aranha (vide apêndice 5).

Em um momento posterior a esse diálogo com os estudantes, que servia como introdução ao tema, a partir do que era familiar para eles, os licenciandos iniciavam a abordagem de alguns conceitos, como: de escala nanométrica; nanoestruturas de carbono, elencando à isso, o estudo do átomo de carbono, ligações covalentes, conforme previsto para o ensino médio; as aplicações de novos materiais em telas de celulares e baterias; e o Prêmio Nobel de Química de 2023, referente aos estudos dos pontos quânticos, sobre os cristais como componentes de televisores, que se diferem em cores devido ao tamanho e absorção das nanoestruturas que compõem o material.

Por fim, em um terceiro momento, realizaram um experimento, a síntese de nanopartículas de magnetita (Figura 7). O principal objetivo deste experimento seria de que os estudantes pudessem relacionar a propriedade magnética da magnetita com suas propriedades nanoscópicas. Associando dessa forma, que vários

fenômenos observados em nível macroscópico, se referem ao nível submicroscópico da matéria.

Figura 7 - slides utilizados e fotografias do desenvolvimento da atividade sobre nanotecnologia

Fonte: Arquivo pessoal.

A atividade foi realizada em duas escolas, a primeira delas no dia 27 de novembro de 2023, na Escola Santa Rita, em que duas turmas, ambas de terceiro ano do ensino médio, uma com nove e outra com sete estudantes. Em cada uma das turmas, houve um tempo disponível de 40 minutos. A segunda escola foi o colégio Félix da Cunha, que contou com a participação de uma turma de primeiro ano do

ensino médio, composta por nove estudantes, e a atividade teve a duração de 90 minutos.

Cabe lembrar que durante o período da pesquisa de doutorado, em que as atividades foram planejadas no contexto do PIBID e da disciplina de Interação Universidade – Escola, e no desenvolvimento destas ações nas escolas, se assume o caráter de pesquisa participante. Ao ponto em que ocorre um maior envolvimento entre a pesquisadora e o contexto em que se dá a pesquisa (Lüdke; André, 1986), em função do auxílio com orientações em ambos os grupos e, acompanhamento do processo para a realização da coleta de dados que formariam o *corpus* de análise, etapa essa, que será descrita no tópico seguinte.

3.3.3 A coleta de dados e o processo de análise do corpus de pesquisa

Antes, durante e após a finalização do processo de construção das atividades com temas inovadores para o contexto escolar, foram realizadas uma série de procedimentos, a fim de possibilitar a coleta do material que posteriormente seria analisado como *corpus* da pesquisa.

Dessa forma, foram realizados com os licenciandos do PIBID – Química UFPel, durante reuniões do grupo, questionamentos, previamente elaborados (apêndice 6 – Questionário 2), com intuito de compreender a percepção dos participantes da pesquisa sobre inovação, como eles a percebiam em seu meio, entre outras questões. Além disso, muitas conversas que ocorriam durante as reuniões do PIBID foram gravadas, e os áudios originados foram transcritos, possibilitando assim o entendimento de um diálogo sobre como estava ocorrendo o processo de transformação dos conhecimentos científico inovador em químico escolar. O que era também, complementado, por escritas em diário de bordo realizadas pela pesquisadora, mais relacionadas ao que acontecia durante as reuniões com o grupo LaCoPol, como por exemplo, as dificuldades e dúvidas que surgiam através dos licenciandos do PIBID sobre o entendimento do conhecimento inovador. Com o intuito de melhor compreender sobre as expectativas que os licenciandos tinham com relação ao trabalho que desenvolviam no PIBID relacionado a inovação, bem como ao acompanhamento dos estudos realizados pelo grupo LaCoPol, um outro questionário foi entregue e respondido por eles (Apêndice 7 – Questionário 3).

Com relação a disciplina de Interação Universidade – Escola, foi enviado à seis docentes da Educação Básica, que atuam nas escolas parceiras, um questionário on-line (Apêndice 1 – Questionário 1), para que fosse possível conhecer as suas demandas e a relação com os temas propostos, bem como a visão dos docentes sobre o trabalho com a inovação. Ou seja, o questionário viabilizou uma espécie de triagem que poderia, além de contribuir com a pesquisa em questão, organizar o trabalho a ser desenvolvido na disciplina.

Além disso, outros materiais também foram analisados, como os relatórios finais dos licenciandos da disciplina de Interação Universidade – Escola. Os relatórios foram construídos como requisito avaliativo da disciplina, e tratava sobre as atividades desenvolvidas: o que eram, como foram elaboradas, o contexto de implementação nas escolas e as impressões que os licenciandos tiveram com relação a todo esse processo de desenvolvimento e da reação dos estudantes das escolas frente as atividades.

Após a finalização das atividades construídas pelo grupo da inovação do PIBID – Química, bem como do grupo de licenciandos participantes da disciplina de Interação Universidade – Escola, foi realizada com quatro dos licenciandos, que aceitaram e compareceram, uma entrevista semiestruturada (Apêndice 8 – Questões 4). Nesse caso, o intuito era melhor compreender, sob o ponto de vista dos licenciandos, sobre o processo de construção das atividades com tema inovador para o contexto escolar, a transformação dos conhecimentos e suas percepções de inovação após o processo. É importante ressaltar que, tanto no contexto do PIBID quanto da disciplina, vários outros registros foram feitos, como a transcrição de áudios de reuniões e aulas, e anotações em diário de bordo, como já mencionado.

Posteriormente, todos esses materiais coletados e destacados, foram submetidos à metodologia de Análise Textual Discursiva (ATD), a qual não se preocupa com o teste de hipóteses com a finalidade de comprovação ou refutação de um fenômeno, mas sim, com o alcance de produzir novas compreensões e assim, gerar a reconstrução sobre determinado objeto de estudo (Moraes; Galiazzi, 2016). A ATD é auto-organizada em função de um ciclo de análise que envolve um processo estabelecido pela desconstrução, emergência e comunicação da nova compreensão alcançada (Moraes; Galiazzi, 2016).

A ATD inicia com a etapa de unitarização do corpus de pesquisa, em que se separa o material analisado em fragmentos e realizada a codificação dos mesmos, em seguida eles devem ser reescritos e a eles se atribui um nome ou título. O processo então se direciona à categorização das unidades de análise, em que se busca por meio de semelhanças entre elas, realizar um agrupamento. A partir de toda impregnação no material, que é ocasionada por essas etapas, emergem novas compreensões sobre determinado fenômeno, a explicitação desses novos entendimentos ocorre por meio da escrita do metatexto, fechando assim o ciclo de análise da ATD (Moraes, 2003).

Os resultados da pesquisa, materializados pelo metatexto, possui elementos de descrição, interpretação e argumentação, ao se estabelecer discussões sobre as categorias e subcategorias (Moraes; Galiazzi, 2016). Os resultados referentes à essa parte da pesquisa, que representam o entendimento sobre como se deu a construção das atividades com temas inovadores na escola, e as principais implicações deste processo, como sobre as potencialidades e dificuldades na didatização da inovação em Química, serão apresentadas no capítulo 5.

4 CONCEITOS DE INOVAÇÃO: RELAÇÕES E ANÁLISES NO CONTEXTO DA ÁREA DA QUÍMICA E DE DOCUMENTOS DO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo serão apresentados os resultados encontrados com relação as investigações feitas sobre o tema da inovação e sua articulação com o conhecimento científico em Química e o conhecimento escolar, bem como as discussões que foram feitas sobre esses resultados, a partir de reflexões e vários processos de análise dos materiais selecionados e coletados.

Inicialmente, no subcapítulo 4.1, é discutido sobre o conceito de inovação, o que é descrito de maneira geral sobre no que ela consiste, em documentos disponibilizados em sites de órgãos de fomento, que incentivam a geração de inovação no Brasil. Posteriormente, no subcapítulo 4.2, se apresentam os resultados referentes a investigação sobre os temas e os conteúdos da área da Química que mais surgem na atualidade em meio ao conhecimento científico que vem sendo produzido e que gera inovações nesse campo. Na sequência, no subcapítulo 4.3, são discutidos resultados da análise de documentos oficiais que regulamentam e orientam o Ensino Médio, sobre de que forma se debate sobre o tema da inovação em meio ao contexto educacional.

4.1 O que pode ser compreendido como inovação dentro de um contexto mais geral, no âmbito da Ciência Química e na Educação

Não é incomum na área das Ciências encontrar a palavra inovação, seja em artigos científicos relacionados ao setor Químico (Miron; Cavalcanti; Wongtschowski, 2005) ou a educação Química (Maceno; Guimarães, 2013), documentos oficiais como na BNCC - Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2019), editais e relatórios de gestão publicados por órgãos de fomento (CNPq, 2019), entre outros. Fato é que essa palavra é muito utilizada atualmente no meio educacional, acadêmico e científico (Freitas; Abib; Sangiogo, 2024), e poucas vezes têm seu significado explicitado. Provavelmente porque não existam parâmetros definidos que contemplem sobre a identificação de pronto de uma inovação, tampouco apenas um significado possível para o conceito, tendo em vista que ele pode ser empregado em diferentes contextos (Morés, 2018; 2014).

Ao consultar em um dicionário a palavra inovação, ela é tida como: “1. ato ou efeito de inovar; 2. novidade” e o inovar como “1. Renovar; 2. introduzir novidade em” (Ferreira, 2001, p. 390). Segundo Morés (2018, p. 178): “A literatura sobre o tema ‘Inovação’ mostra diferentes constructos, usos e interpretações sobre a etimologia dessa palavra e o conceito de inovação”, ainda segundo este autor, o termo inovação teve origem no latim “*innovatio*” o que representa renovação. Embora exista diferentes perspectivas para inovação, de acordo com o contexto em que é utilizada essa palavra, parece que todas elas podem correlacionar-se entre si. Por exemplo, quando se pensa sobre a crescente evolução da Ciência e do aporte tecnológico existente, facilmente associamos esse fato à inovação, que se assumida como uma ação movida por intencionalidades, pode contribuir para a introdução de novidades (Freitas; Abib; Sangiogo, 2024). Contudo, as mudanças promovidas pela Ciência também interferem diretamente na sociedade como um todo, e na educação em específico, o que também pode promover inovações nessa área, contribuindo para a produção de novos conhecimentos, de métodos de ensino e aprendizagem, de novas formas de avaliação, de novos paradigmas (Morés, 2018).

A inovação, de uma forma bastante abrangente, tem um caráter de promover transformações no ambiente em que habita e se desenvolve, bem como, de modificar-se a si própria (Mota; Scott, 2014; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Nesse sentido, a inovação pode ser compreendida como um processo que não se finda na introdução de novidades à um determinado produto ou sistema, mas sim, consiste em uma busca permanente por novas atribuições e por ressignificação (Messina, 2001). Todo esse processo é construído pela busca por criar utilidade, avanços, modernização e desenvolvimento. Quando se pensa inovação com relação à economia e ao setor produtivo, seu conceito vem atrelado a competitividade, produtividade e lucros; já no âmbito educacional, a inovação se associa ao conceito de responder às necessidades e obter maior eficiência (Rossi, 2021).

A partir de uma descrição mais geral fornecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a qual é reconhecido órgão de incentivo e fomento à pesquisa no país, sobre o que é inovação, pode-se a compreender como o que gera algo novo, ou que produza através de seu surgimento uma significativa melhora sobre um produto ou processo já existente. Como observado no trecho a seguir:

> Inovação: consiste na introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características à produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho. A Inovação pode ser classificada em Inovação radical ou disruptiva, Inovação incremental e Inovação em Tecnologia Social. A Inovação radical ou disruptiva é a que causa um impacto significativo em um mercado e na atividade econômica das empresas nesse mercado. No caso da Inovação Incremental, o novo produto incorpora novos elementos ao produto anterior, sem que, no entanto, sejam alteradas suas funções. A Inovação em Tecnologias Sociais refere-se à criação de novas tecnologias sociais e resgate de técnicas e práticas tradicionais, assim como a introdução de melhorias, avanços e aperfeiçoamentos em tecnologias sociais existentes (Capes, 2019b, p. 6).

No parágrafo destacado, observa-se que há diferentes classificações relacionadas à inovação. E que todas elas são referentes a inserção de novidade capaz de representar uma melhoria sobre um processo, produto ou serviço. De acordo com essa perspectiva, não basta ocorrer uma descoberta, mas é importante também que ela seja produzida a partir de uma intencionalidade, para que assim possa resultar de fato em melhorias e avanços que se refletem na vida social (Capes, 2019b).

O Documento que corresponde a Área 04, da Química, publicado pela Capes, referente ao ano de 2019, destaca que o Brasil possui grande relevância com relação a sua produção científica, porém: “a transformação desse conhecimento gerado pela comunidade científica ainda está longe de resultar em crescimento social e econômico para o país.” (Capes, 2019a, p. 4). Sendo assim, pode-se entender que o país, mesmo sendo um dos maiores produtores de Ciência, encontra dificuldades em impactar ou mediar o conhecimento produzido para a sociedade no geral, o que contribuiria para melhorar a economia e a vida da população. Isso significa que a inovação proposta como maneira de evolução no país não vem sendo amplamente alcançada (Capes, 2019a).

> De fato, quando avaliada a Inovação, a posição do país em rankings internacionais está longe dos países líderes, mesmo quando comparado com nossos vizinhos da américa latina. Por exemplo, em 2018 o país ocupou a 64ª posição no Índice Global de Inovação. Este índice, que é elaborado em conjunto pela Universidade de Cornell, Faculdade de Administração Insead e Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), é o principal instrumento para avaliar a inovação nas economias mundiais. Em relação às 18 economias avaliadas na América Latina e Caribe, o país aparece em 6º lugar, atrás de países como Chile, México e Costa Rica. Ou seja, o esforço em pesquisa e geração de conhecimento no país não está sendo transferido para a sociedade (Capes, 2019a, p. 4-5).

Essa situação ocorre porque a produção científica e tecnológica considerada inovadora não está sendo consideravelmente implementada de fato para geração de

melhores recursos sociais. Isso não acontece apenas com relação a área de Química, mas também com as demais áreas de produção do conhecimento (Capes, 2019a). Em função disso é importante buscar formas de aproximar a inovação produzida e a sociedade (Capes, 2019a). De acordo com a Capes, a área da Ciência Química merece destaque por representar significativo potencial de crescimento e de contribuição para o enfrentamento dos desafios nacionais relacionados a atribuição de novidades nesse setor, como destacado no seguinte trecho:

> A área de Química tem enorme potencial de contribuição com os desafios nacionais em energia, bioenergia, biocombustíveis, recursos hídricos, alimentos, agronegócios, nanotecnologia, biotecnologia, química verde, sustentabilidade, Amazônia, defesa, criminologia, oceanografia e ciências do mar, mudanças climáticas, preservação do meio ambiente e biodiversidade, materiais, qualidade de vida, saúde, doenças emergentes, doenças negligenciadas, fármacos e medicamentos, laboratórios de escalonamento primário, inovação e indústria química brasileira e processos limpos (Capes, 2019a, p. 15).

Nesse sentido, evidencia-se por meio de diversos temas que fazem parte da grande área que envolve a Química, muitas possibilidades de se desenvolver novos conhecimentos, novos serviços, novos métodos, ou até mesmo, por meio do remanejo dos mesmos, produzir avanços e melhorias (Freitas; Abib; Sangiogo, 2024). Com base nos relatos encontrados na literatura, que ocasionaram reflexão sobre o tema, podemos sistematizar algumas das ideias centrais que circundam a inovação em um âmbito geral e nos contextos de interesse para esta tese – Ciência e Educação – no Quadro 2.

Quadro 2 **-** Sistematização dos conceitos de inovação em diferentes contextos

Inovação em âmbito geral	
Introdução de novidade a um determinado sistema ou produto; se difere da invenção por não ser representada necessariamente pela criação de algo novo, pois pode ser reformulação, reestruturação, renovação, a fim de promover melhorias, ganho de qualidade, aperfeiçoamento.	
Inovação na Ciência	**Inovação na Educação**
Novos ou reformulados produtos, métodos, metodologias, instrumentos, e questões a serem investigadas, de modo a contribuir com a Ciência básica fornecendo conhecimentos norteadores que servirão de base para a construção de novos conhecimentos; ou que resultarão diretamente em	Pode representar novas ou reformuladas maneiras de desenvolver os processos de ensino e aprendizagem, tais como a diversificação de metodologias e estratégias didáticas, prezando por sua constante adaptação e readequação; novas discussões a serem abordadas, novos conceitos e temas, os quais se relacionam com a realidade atual do mundo. Nesse sentido, a inovação na educação perpassa por uma constante reorganização de currículo, de estratégias didáticas, e da práxis

aplicações que contribuirão com o avanço social em diferentes setores.	docente, gerando reflexões e ações orientadas pela intenção de um ensino contemporâneo, realista, de formação integral aos estudantes.

Fonte: Autoria própria.

Ainda, segundo a Capes, as inovações relacionadas a pesquisa científica, que no Brasil ocorrem muito em função dos estudos desenvolvidos nas universidades, é indicada por exemplo, pela elaboração de produtos tecnológicos dos Programas de Pós-Graduação, como registro de patentes, publicação de livros, artigos científicos, além de outras ações que geram impacto no desenvolvimento científico e tecnológico do país (Capes, 2019a; Freitas; Abib; Sangiogo, 2024). Em função de todo o avanço e desenvolvimento promovidos pela motivação de inovar, que esse processo é tão apoiado e estimulado por projetos que envolvem Ciência e tecnologia, a fim de contribuir de modo a gerar aplicações práticas que possam ser utilizadas também, na resolução de problemas sociais e econômicos (CNPq, 2017).

Além da perspectiva de inovação atrelada ao desenvolvimento do conhecimento científico, ela também pode assumir caráter de promover transformações em âmbito educacional. Quando pensada dessa forma, a inovação normalmente é definida como experiência que insere mudanças intencionais na cultura ou prática escolar, por meio de reflexão e planejamento. Isso consequentemente envolve um ato de ruptura, descontinuidade ou adaptação com paradigmas tradicionais. Por isso, muitas vezes, a inovação educacional - que pode ser representada por novas propostas em sala de aula, que envolvem o protagonismo juvenil, o respeito a diversidade, mudanças na configuração da docência, e na forma de organização curricular – passa por um processo de resistência, porque ela implica no rompimento com dogmas, gera incertezas e inseguranças (Morés, 2018; Morés 2014; Rossi, 2021; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

Ao saber da perspectiva relacionada a inovação, do contexto educacional, tornou-se importante investigar quais os temas centrais que são muito discutidos recentemente na Ciência Química, os quais podem ser tidos como inovadores dentro de um cenário historicamente situado, ou seja, os conceitos ou temas atualmente dotados de inovação, podem não corresponder a tal concepção no futuro. Assim, acreditamos poder melhor compreender sobre esses conhecimentos inovadores produzidos pela Química, no olhar em diferentes cenários e momentos históricos, o que permite análises sobre a sua inserção na escola básica da atualidade.

Os resultados referentes a busca dos temas inovadores em artigos científicos serão apresentados e discutidos no subcapítulo seguinte.

4.2 A inovação no conhecimento químico – temas presentes em artigos com grande número de citações[1]

A partir de uma busca realizada no dia 3 de novembro de 2021, no Portal Periódicos Capes, através do "acesso café" à plataforma, ocorreu o recorte das três revistas (como explicado no subcapítulo 3.1): Chemical Reviews, Chemical Society Reviews e Nature Materials, ao considerar fator de impacto e número de citações, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Três jornais com maior fator de impacto e maior número de citações em 2020, segundo JCR 2020

Nome do jornal	ISSN	eISSN	Categoria	Total de citações	2020 fator de impacto do jornal (JIF)
Chemical Reviews (CR)	0009-2665	1520-6890	Chemistry, multidisciplunary-scie	224,417	60.622
Chemical Society Reviews (CSR)	0306-0012	1460-4744	Chemistry, multidisciplunary-scie	173,170	54.564
Nature Materials (NM)	1476-1122	1476-4660	Chemistry, physical-scie	112,429	43.841

Fonte: Autoria própria.

O periódico *Chemical Reviews* apresenta o maior número total de citações (224,417) e o maior fator de impacto (60,622) relacionados à área geral da Química, em 2020 (Chemical Reviews, 2022). É indexado nas bases de dados: Web of Science, SCOPUS, CAS, PubMed, SwetsWise, Proquest, EBSCOhost, CABI e British Library, e publica duas edições por mês sobre artigos de revisão em temas específicos (Chemical Reviews, 2022). É possível considerá-lo um dos mais conceituados em Química. Centra-se em publicações capazes de realizar revisões abrangentes de temas relevantes e que possam contribuir com pesquisas recentes e inovadoras nas áreas de Química Orgânica, Inorgânica, Analítica, Física, Teórica e Biológica (Chemical Reviews, 2022).

[1] Resultados deste subcapítulo foram submetidos à revista Química Nova, em outubro de 2024, a partir do manuscrito intitulado "A química de alto impacto e a inovação: quais pesquisas têm ganhado destaque?", estando o texto em avaliação.

O segundo periódico com maior fator de impacto (54, 564) e número total de citações (173,170) em 2020 foi o *Chemical Society Reviews* (Chemical Society Reviews, 2022). É a principal publicação de revisões científicas lançada pela Royal Society of Chemistry, uma organização que acredita que, ao reunir e socializar ideias e informações científicas, contribui para grandes descobertas e inovações na Ciência (Chemical Society Reviews, 2022). Publica duas edições mensais e, ocasionalmente, edições temáticas. É destinada às Ciências Químicas, com tópicos interdisciplinares, que podem incluir: Química Inorgânica, Química Analítica, Biomateriais, Bioorgânica/Química Medicinal, Catálise, Química de Coordenação, Biologia Química, Engenharia de Cristais, Energia, Química Verde, Sustentabilidade, Materiais Inorgânicos, Química do grupo principal, Nanociência, Química Orgânica, Materiais Orgânicos, Organometálicos, Físico-Química, Química Supramolecular, Metodologia Sintética, Química Teórica e Computacional (Chemical Society Reviews, 2022).

O terceiro periódico com o terceiro maior fator de impacto (43.841) e elevado número de citações (112, 429) foi o *Nature Materials* (Nature Materials, 2022). De periodicidade mensal, reúne pesquisas relevantes sobre a Ciência e a Engenharia de Materiais, área que apresenta um grande impacto na construção dos conhecimentos de Química, Física e Biologia (Nature Materials, 2022). Publica investigações que descrevem os avanços relacionados à síntese, processamento, estrutura, composição, propriedades e desempenho de materiais, os quais apresentam novos constituintes químicos, projetados e manipulados para fins de inovação e tecnologia, a fim de impulsionar novas descobertas e o aprimoramento de conceitos, contribuindo para o desenvolvimento da sociedade. As áreas que fazem parte do escopo do periódico são: engenharia e estrutura da matéria, materiais orgânicos, materiais biomédicos e biomoleculares, materiais ópticos, fotônicos e optoeletrônicos, materiais magnéticos, materiais supercondutores, materiais catalíticos e de separação, materiais e processos em nanoescala, computação, modelagem e teoria dos materiais, superfícies e filmes finos, técnicas de design, síntese, processamento e caracterização. Em suas páginas, estampa artigos primários, de revisão, comentários, notícias e outras formas de expressão da comunidade científica (Nature Materials, 2022).

A partir dos três periódicos foram selecionados os cinco artigos mais citados nos anos de 2018, 2019 e 2020. Cada artigo é codificado por meio da inicial do periódico e de um numeral (vide Tabela 1).

Tabela 1 - Artigos selecionados e analisados em função do grande número de citações que receberam

Revista	Citações	Autoria/Ano	Título	Código
Chemical Reviews (CR)	1618	LIU; CORMA (2018)	Metal Catalysts for Heterogeneous Catalysis: From Single Atoms to Nanoclusters and Nanoparticles	CR01
	1154	SHAO *et al.* (2018)	Design and Mechanisms of Asymmetric Supercapacitors	CR02
	958	ZHANG *et al.* (2018)	Nonfullerene Acceptor Molecules for Bulk Heterojunction Organic Solar Cells	CR03
	913	JIN *et al.* (2018)	Emerging Two-Dimensional Nanomaterials for Electrocatalysis	CR04
	872	ARTZ *et al.* (2018)	Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment	CR05
	1090	XUE *et al.* (2019)	Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials and Applications	CR06
	973	JENA; KULKARNI; MIYASAKA (2019)	Halide Perovskite Photovoltaics: Background, Status, and Future Prospects	CR07
	956	GANDEEPAN *et al.* (2019)	3d Transition Metals for C-H Activation	CR08
	918	NITOPI *et al.* (2019)	Progress and Perspectives of Electrochemical CO_2 Reduction on Copper in Aqueous Electrolyte	CR09
	771	HUANG; REN; QU (2019)	Nanozymes: Classification, Catalytic Mechanisms, Activity Regulation, and Applications	CR10
	547	WANG; DOMEN (2020)	Particulate Photocatalysts for Light-Driven Water Splitting: Mechanisms, Challenges, and Design Strategies	CR11
	539	GENG *et al.* (2020)	Covalent Organic Frameworks: Design, Synthesis, and Functions	CR12
	538	WANG; ASTRUC (2020)	State of the Art and Prospects in Metal-Organic Framework (MOF)-Based and MOF-Derived Nanocatalysis	CR13
	490	ZHU *et al.* (2020)	Recent Advances in Electrocatalytic Hydrogen Evolution Using Nanoparticles	CR14
	354	DU *et al.* (2020)	Atomically Precise Noble Metal Nanoclusters as Efficient Catalysts: A Bridge between Structure and Properties	CR15
Chemical Society Reviews	955	LI *et al.* (2018)	Metal-organic framework-based materials: superior adsorbents for the capture of toxic and radioactive metal ions	CSR01
	923	SCHUTYSER *et al.* (2018)	Chemicals from lignin: an interplay of lignocellulose fractionation, depolymerisation, and upgrading	CSR02
	807	DUBAL *et al.* (2018)	Towards flexible solid-state supercapacitors for smart and wearable electronics	CSR03
	774	SAMBIAGIO *et al.* (2018)	A comprehensive overview of directing groups applied in metal-catalysed C-H functionalisation chemistry	CSR04

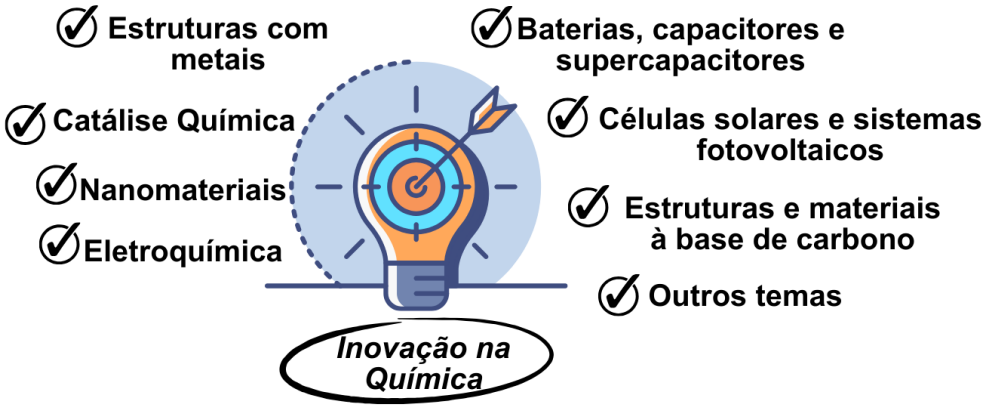
(CSR)	712	WU *et al.* (2018)	Raman spectroscopy of graphene-based materials and its applications in related devices	CSR05
	1139	WU *et al.* (2019)	Nanomaterials with enzyme-like characteristics (nanozymes): next-generation artificial enzymes (II)	CSR06
	987	LIU *et al.* (2019)	Photothermal therapy and photoacoustic imaging via nanotheranostics in fighting cancer	CSR07
	848	WANG; LI; DOMEN (2019)	Recent developments in heterogeneous photocatalysts for solar-driven overall water splitting	CSR08
	759	DING *et al.* (2019)	Carbon capture and conversion using metal-organic frameworks and MOF-based materials	CSR09
	718	PANG *et al.* (2019)	Applications of 2D MXenes in energy conversion and storage systems	CSR10
	440	WANG *et al.* (2020a)	MOF-derived electrocatalysts for oxygen reduction, oxygen evolution and hydrogen evolution reactions	CSR11
	436	WU; MAIER; YU (2020)	Guidelines and trends for next-generation rechargeable lithium and lithium-ion batteries	CSR12
	393	SONG *et al.* (2020)	A review on fundamentals for designing oxygen evolution electrocatalysts	CSR13
	351	XIAO *et al.* (2020)	Synthesis of micro/nanoscaled metal-organic frameworks and their direct electrochemical applications	CSR14
	279	WANG *et al.* (2020b)	Covalent organic frameworks for separation applications	CSR15
Nature Materials (NM)	1589	HOU *et al.* (2018)	Organic solar cells based on non-fullerene acceptors	NM01
	921	AKKERMAN et al. (2018)	Genesis, challenges and opportunities for colloidal lead halide perovskite nanocrystals	NM02
	893	WANG *et al.* (2018a)	Highly reversible zinc metal anode for aqueous batteries	NM03
	749	WANG *et al.* (2018b)	Additively manufactured hierarchical stainless steels with high strength and ductility	NM04
	672	SAHLI *et al.* (2018)	Fully textured monolithic perovskite/silicon tandem solar cells with 25.2% power conversion efficiency	NM05
	4535	THOUIN *et al.* (2019)	Phonon coherences reveal the polaronic character of excitons in two-dimensional lead halide perovskites	NM06
	533	SPALDIN; RAMESH (2019)	Advances in magnetoelectric multiferroics	NM07
	502	FAMPRIKIS *et al.* (2019)	Fundamentals of inorganic solid-state electrolytes for batteries	NM08
	425	XIA; YANG (2019)	Memristive crossbar arrays for brain-inspired computing	NM09
	370	ÖZDEMIR *et al.* (2019)	Parity–time symmetry and exceptional points in photonics	NM10
	450	SINDHWANI *et al.* (2020)	The entry of nanoparticles into solid tumours	NM11
	311	SIMON; GOGOTSI (2020)	Perspectives for electrochemical capacitors and related devices	NM12

	242	LI *et al.* (2020)	A general Lewis acidic etching route for preparing MXenes with enhanced electrochemical performance in non-aqueous electrolyte	NM13
	221	JUNG *et al.* (2020)	Atomic-level tuning of Co-N-C catalyst for high-performance electrochemical H_2O_2 production	NM14
	213	LIU *et al.* (2020)	Robust axion insulator and Chern insulator phases in a two-dimensional antiferromagnetic topological insulator	NM15

Fonte: Autoria própria.

A partir das revisões desenvolvidas, identificaram-se diferentes temas classificados em categorias contendo assuntos inovadores (Figura 8), presentes em destaque nos 45 artigos de revisão analisados. Trata-se de temas amplamente citados pela comunidade científica de Química, apresentados em oito categorias: estruturas com metais; catálise química; nanomateriais; eletroquímica; baterias, capacitores e supercapacitores; células solares e sistemas fotovoltaicos; estruturas e materiais a base de carbono; dentre outras. Os artigos classificados em mais de uma categoria de análise são brevemente apresentados por meio do relato de seus problemas e dos campos de estudo que compõem suas temáticas, os quais constituem alvo de novos estudos e inovações no campo da Química e áreas correlatas. E apenas dois artigos não apresentavam aspectos relacionados especificamente ao conhecimento químico, já que tratavam de estudos voltados à Física Quântica e à Computação, tendo sido categorizados em “outros temas”.

Figura 8 - Categorias de temas identificadas na análise dos artigos de revisão

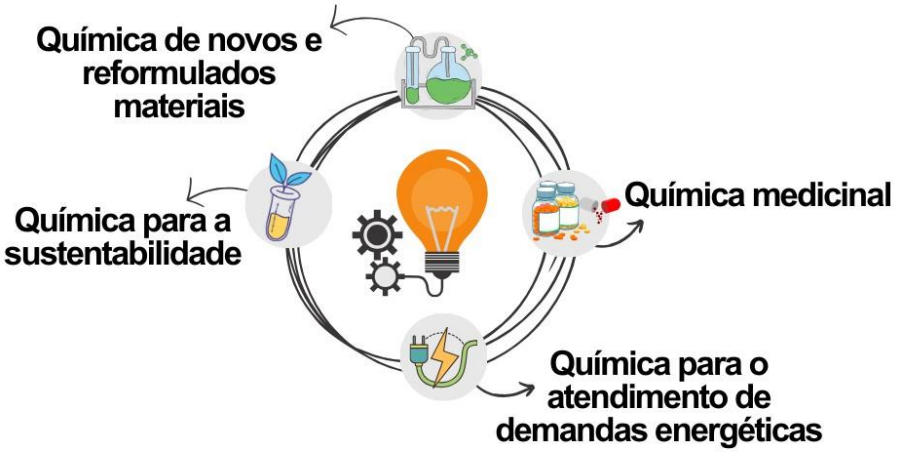


Fonte: Autoria própria.

No processo de categorização, observou-se que, dentre as temáticas exploradas nas revisões, um possível agrupamento emergiu com o intuito de relacionar os elementos comuns e característicos do que se entende por “inovação” (Capes, 2019a; Morés, 2018). No contexto atual, esses temas abordam assuntos

assaz contemporâneos, a ponto de terem sido objetos de estudo recorrentes e um grande foco de discussão na comunidade química e nas demais, tendo como perspectiva futura o alcance da sociedade (Figura 9). Dessa forma, os temas descritos na Figura 8 podem ser agrupados de um modo geral, conforme estudos que englobam: a Química de novos e reformulados materiais; a Química para a sustentabilidade; a Química medicinal; e a Química para o atendimento de demandas energéticas (Figura 9).

Figura 9 - Áreas exploradas nos artigos de revisão entre 2018 e 2020



Fonte: Autoria própria.

4.2.1 Temas Inovadores na Química: elaboração de materiais novos e reformulados, atendimento de demandas energéticas, abordagens sustentáveis e implicações para a saúde

É inegável que as pesquisas em Química buscam atender às necessidades da comunidade científica, além de abordarem questões econômicas (Oliveira, 2011), sociais (Monteiro, 2019) e ambientais (Anastas, 2021). Dessa forma, os artigos analisados visam divulgar/discutir temas contemporâneos e emergentes, com o propósito de solucionar problemáticas ou, pelo menos, apontar possíveis soluções relacionadas ao meio ambiente, à saúde e ao desenvolvimento da Ciência como um todo. Sendo assim, as revisões buscaram abordar questões pertinentes às áreas apontadas na Figura 9.

Nesse cenário, será discutido e apontado o que de inovador os estudos aportaram em suas revisões, desde temáticas que envolvem: a construção de materiais novos e reformulados; as novas possibilidades e a otimização de sínteses e

processos químicos; o desenvolvimento de sistemas de conversão e o armazenamento de energia; a nanociência aplicada no tratamento oncológico; a funcionalização dos processos industriais a partir da produção de novas estruturas e compostos químicos; além de outras aplicações.

Categoria 1 - Estruturas com metais

Um número significativo de estudos (20 artigos) explorou a temática das estruturas organometálicas (MOFs) (do inglês: *metal-organic framework*), comumente estudadas e utilizadas como catalisadores (CR13). Essas estruturas são empregadas também em processos de eletrocatálise para reduzir os danos causados ao meio ambiente (CSR11); na produção de hidrogênio como combustível livre de fósseis, em processos de decomposição da água (CR13) para captura e conversão de carbono, atuando na redução de CO_2 (CSR09); e na adsorção de metais tóxicos ou resíduos radioativos (CSR01). Ademais, a síntese das MOFs, em micro e nano escala, traz discussões acerca das estratégias sintéticas para o controle morfológico dessas espécies químicas e de sua utilidade em dispositivos eletroquímicos (CSR14), dentre outras possíveis aplicações futuras.

Para compreender melhor o interesse científico pelas MOFs, cabe destacar que apresentam uma “arquitetura” perfeitamente definida com poros específicos, o que permite a introdução seletiva de substratos, algo que pode ser considerado uma vantagem em relação aos demais catalisadores (CR13). De maneira geral, os estudos evidenciam questões importantes sobre o desenvolvimento e a otimização na conversão e armazenamento de energia, a partir da síntese de novos catalisadores (CSR11, CSR13 e CSR14). Percebe-se uma preocupação quanto aos avanços na síntese dessas novas estruturas químicas à base de MOFs (CSR11, CSR13 e CSR14), principalmente por evidenciarem propriedades significativas de acordo com suas aplicações, que variam entre “sensores químicos baseados em suas propriedades óticas, magnéticas e elétricas, separação seletiva, purificação e armazenamento de gases, troca iônica, detector de radiação, mostradores eletroluminescentes” (Ramos; Tanase; Rothenberg, 2014).

Além dos artigos que tratam especificamente das MOFs, outros estudos (seis artigos) abordaram a utilização de metais (de maneira geral) na composição química de catalisadores, espécies utilizadas para a ativação e/ou funcionalização de

determinadas ligações químicas, incluindo a obtenção de diversas estruturas nesse segmento. Conforme descrito em CR01, essas estruturas poderiam estar em forma de átomos únicos, *nanoclusters* e nanopartículas, auxiliando, por exemplo, na "ativação" de espécies químicas em diversos processos de reações de síntese.

Em outra revisão, os autores descrevem os estudos acerca da utilização de catalisadores de Co-N-C para a produção de peróxido de hidrogênio (NM14). A grande vantagem observada na utilização de metais de transição está associada à abundância dessas espécies na natureza, o que gera a redução de custos e uma menor toxicidade a essas espécies (CR08 e NM04). No estudo de CR09, os autores investigam a ação catalítica à base de cobre em reações de "reciclagem" de carbono, minimizando os problemas causados pela emissão de CO_2.

Dentre os estudos sobre metais, há também sobre os *nanoclusters* (NCs), que são nanoaglomerados de metais nobres empregados em funções catalíticas (CR15). Neles se buscou elucidar questões referentes à relação entre as estruturas químicas dos materiais e suas propriedades, o que contribui para aprimorar os conhecimentos e controlar mais adequadamente certas características dos materiais (CR15). Em outro estudo mais recente, a estrutura e as aplicações dos NCs foram postas em destaque, sendo classificadas em metálicas (metais nobres e metais de transição, como Au, Ag, Pt e Cu) e não metálicos (a partir de derivados de metais, como: óxidos, fosfetos e sulfetos) (Nasrollahpour et al., 2023). Então, pode-se considerar o estudo de revisão analisado, referente aos NCs (CR15), com enfoque no desenvolvimento de inovações no campo da Química, como a pesquisa que enfatizou que os NCs são estruturas muito utilizadas na construção de sensores e biossensores usados em determinados contextos, como a agricultura, o meio ambiente, a alimentação e a monitoração de doenças (Nasrollahpour et al., 2023).

Outros dois estudos (NM13 e CSR10) abordam os *Mxenes*, estruturas que se caracterizam como materiais inorgânicos bidimensionais, com camadas de carbonetos e nitretos de metais de transição, e que são preparadas por um ataque seletivo dos elementos da camada A nos precursores da fase MAX, onde M representa um elemento de metal de transição inicial (Ti, V, Nb e etc.), A um elemento sobretudo dos grupos 13-16 (Al, Si e assim por diante) e X um carbono e/ou nitrogênio. Essas estruturas químicas são investigadas quanto à perspectiva de capacitores eletroquímicos (NM13) em sistemas de conversão e armazenamento de energia

(CSR10), de modo que se enquadram nessa categoria por apresentarem átomos metálicos diversos.

E assim como no caso dos *MXenes*, outros três artigos adentram o campo da Ciência dos Materiais, abordando a utilização do ferro e das ligas metálicas no desenvolvimento de novos materiais ou no aprimoramento de outros utilizados em diversos segmentos da indústria, setores que precisam de melhores desempenhos. Um dos estudos, que apresenta o progresso de novos materiais multiferroicos (NM07), evidencia que as estratégias mais óbvias nesse setor envolvem a combinação de um mecanismo magnético e um ferroelétrico, tal como o desenvolvimento de nanocompósitos (NM07). Os artigos discorrem também sobre os avanços em caracterização e modelagem por meio da implementação de novas ferramentas experimentais, em aplicações e dispositivos eletrônicos, a exemplos de dispositivos de rádio e de alta frequência, incluindo a memória de sistemas operacionais (NM07). Conforme indica um dos estudos, a produção de novos materiais, no caso dos multiferroicos que apresentam características de ordem magnética e elétrica, representa uma classe de elementos desenvolvida devido à sua multifuncionalidade, com aplicações tecnológicas, industriais e informáticas (NM07).

Dando continuidade ao que vem sendo desenvolvido no campo da Ciência dos Materiais, ocorre nela a discussão sobre novas matérias quânticas topológicas e transições de fase topológicas, o que tem sido um tema central na investigação do transporte quântico de cristais em massa e flocos de $MnBi_2Te_4$ esfoliados em uma geometria de transistor de efeito de campo (NM15). A combinação de ordem antiferromagnética intercamada (AFM) e a topologia de banda não trivial, torna $MnBi_2Te_4$ um material promissor para encontrar novas fases topológicas e transições de fase, seja controlando a estrutura da camada, seja aplicando um campo magnético (NM15).

Destacando ainda mais especificamente a produção de materiais que envolvem ferro e ligas metálicas, um dos artigos traz uma abordagem combinada de modelagem e de experimentos para identificar os parâmetros relacionados às aplicações de aço inoxidável (SS, do inglês: *stainless steel*) austenítico 316L (NM04). Como resultado, os autores do estudo salientam características de “uma nova classe de 316L SS impressa em 3D que exibe uma combinação excepcional de resistência e ductilidade, superando as contrapartes convencionais” (NM04, p. 69). Nessa

perspectiva, a ampla aplicação, nas indústrias químicas, petroquímica, farmacêutica, alimentícia e de biotecnologia, dessa nova classe de materiais em aço pode contribuir significativamente para a produção na área, devido às propriedades de resistência à corrosão e à ductilidade, que são determinantes em suas aplicações.

Além dos estudos antes mencionados, outros dois também mencionam elementos metálicos utilizados na composição química de baterias. Na revisão, traçam algumas perspectivas acerca das baterias mais atuais e em desenvolvimento no mercado, como as baterias que usam cátodos de alta tensão, eletrodos de fluoreto de metal, eletrodos de calcogênio, ânodos de metal-lítio e ânodos de alta capacidade, assim como as soluções eletrolíticas úteis, principalmente pela busca por baterias com maior vida útil, de menor custo, com segurança e maior capacidade de energia (CSR12*).* Nessa mesma perspectiva, o estudo subsequente se centra na utilização do zinco metálico em baterias aquosas e suas principais características (NM03). Além desses, outros dois mencionam a existência de haletos de chumbo em cristais de perovskitas, que podem ser utilizados em sistemas de conversão de energia (NM02 e NM06).

Categoria 2 – Catálise Química

A subcategoria “catálise química” foi identificada pela quantidade expressiva de revisões (13 artigos) que explicitavam, em sua maioria, os seguintes tópicos: “catalisadores”, “catálise”, “nanocatálise”, “eletrocatalisadores”, dentre outros. As estruturas químicas que contêm metais são muito estudadas em funções de catálise, conforme já evidenciado na categoria anterior. Ou seja, alguns dos estudos mencionados anteriormente também são contemplados nessa categoria (CR01), que fala das influências causadas pelas estruturas eletrônicas e geométricas de espécies contendo metais em relação à sua utilização como catalisadores na síntese de diversas estruturas químicas. Estas, por sua vez, podem representar igualmente o desenvolvimento de outros produtos ou metodologias inovadoras (CR01), ou ainda, o aprimoramento de técnicas que deverão contribuir na construção de rotas sintéticas simples, eficientes e econômicas para moléculas de interesse, mediante a utilização de metais e organometálicos (CSR04 e CR13). Ademais, na revisão que aborda as MOFs (CSR11), menciona-se o atual progresso dos materiais à base de carbono derivados de MOFs para a eletrocatálise em reações de conversão, a redução de

oxigênio, a reação de evolução de oxigênio e a reação de evolução de hidrogênio (CSR11). E comenta-se também sobre a obtenção de eletrocatalisadores à base de carbono, a partir da pirólise de precursores de MOFs, que ocorre quando a parte orgânica se transforma em materiais de carbono e a parte metálica evapora em altas temperaturas ou permanece na matriz do carbono, incluindo sítios atomicamente dispersos e nanopartículas contendo metal (CSR11). Embora os estudos comprovem a aplicação dos eletrocatalisadores, ainda é necessário diminuir o sobrepotencial e a melhora da estabilidade (CSR11), o que justifica a importância de prosseguir com pesquisas que avaliem e otimizem o desenvolvimento de estruturas contendo metais em sua composição para a catálise química.

Seguindo na mesma linha, no estudo CSR13, os autores resumem o progresso recente na compreensão dos mecanismos de reação do oxigênio. Esse processo trata-se da reação de oxidação do ânodo cineticamente mais lenta, quando ocorre a transferência de quatro elétrons, desde que comparada à reação de hidrogênio, que se trata da redução no cátodo, com a transferência de dois elétrons (CSR13). Nesse sentido, buscam os fundamentos a fim de desenvolver eletrocatalisadores para a reação de oxigênio, considerando os materiais à base de carbono derivados das MOFs. Conforme afirmam, as MOFs são construídas por íons metálicos ou aglomerados com ligantes orgânicos, exibindo propriedades como estrutura cristalina aberta, porosidade e flexibilidade estrutural (CSR13).

Ademais, o desenvolvimento de catalisadores para a reação de oxigênio é considerado um dos campos com grande visibilidade em investigações, pois se trata de projetar catalisadores constituídos de materiais robustos, eficientes e de baixo custo, que deverão facilitar o armazenamento de energia elétrica na forma de gás hidrogênio (CSR13).

Nessa perspectiva, percebe-se a inovação presente no movimento de progresso em favor da atualização e de novas perspectivas quanto aos eletrocatalisadores em atividades catalíticas, o que poderá contribuir para o desenvolvimento de sistemas, ambientalmente controlados e de baixo custo, com melhorias no desempenho de armazenamento e conversão de energia, e para a síntese de outros produtos químicos. No entanto, os desafios ainda persistem, devido a possíveis limitações na condutividade, na estabilidade e no desenvolvimento de

novas tecnologias com morfologia e propriedades adequadas aos processos químicos (NM14).

Na área de Química, a sustentabilidade pode otimizar o modo como os recursos naturais são utilizados em prol de atender às necessidades humanas que envolvem produtos químicos, evitando danos ambientais, eliminando ou reduzindo os problemas de emissões e exposições a substâncias perigosas. E tudo isso, minimizando o uso de recursos esgotáveis ou poluentes e, ainda assim, beneficiando a economia (Anastas, 2021). Nesse sentido, a busca por inovações relacionadas ao surgimento de uma Química mais sustentável aumentou no mundo todo, desencadeando a construção de novos conhecimentos (Epicoco; Oltra; Jean, 2014). Isso se evidencia facilmente por meio dos diversos artigos (CR04, CR11, CSR08 e CR14), de sua ampla divulgação e, consequentemente, das diversas citações no meio acadêmico. Os textos citados fazem compilados, apresentando possibilidades sobre temáticas referentes à sustentabilidade e à necessidade de produzir mudanças inovadoras, capazes de transformar a realidade mundial que preocupa a sociedade contemporânea em função do meio ambiente.

Corroborando a perspectiva, o estudo (CR04) sobre a eletrocatálise heterogênea é um processo capaz de acelerar as reações eletroquímicas na superfície dos materiais. Por isso, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de investigar os eletrocatalisadores de alto desempenho para os ciclos da água e do carbono, os quais podem ser aplicados em vários dispositivos de energia limpa. E para que seja possível a comercialização dessas tecnologias, é preciso o desenvolvimento de uma série de eletrocatalisadores de alto desempenho, com elevada cinética de reação e alto rendimento (CR04), para fortalecer a concepção de que um dos grandes temas inovadores da atualidade está atrelado à necessidade de substituir combustíveis fósseis por novas formas de obter energia limpa, através da utilização de recursos renováveis que prezem pela sustentabilidade.

Ademais, outro estudo (CR11), ao fazer um apanhado geral dos principais desafios encontrados em relação à fotocatálise e à decomposição da água, apresenta estratégias e possíveis mecanismos. A revisão fornece diretrizes que auxiliam na elaboração e aplicação prática de sistemas que utilizam partículas fotocatalisadoras para realizar a separação da água movida a energia solar. Isso porque, até o momento

desta publicação, essa técnica é insuficiente em função de valores de eficiência necessários à sua ampla implementação prática (CR11).

Cabe destacar que a energia solar é a substituição renovável mais atraente para os combustíveis fósseis, porque é fonte abundante, inesgotável e amplamente distribuída (CR11). Como a irradiação solar é difundida de forma intermitente, a energia deve ser convertida em combustíveis químicos, os quais devem ser armazenados, transportados e utilizados sob demanda de forma adequada e eficiente. Isso impulsiona a busca por processos fotocatalíticos artificiais que se utilizam da decomposição da água para a produção de hidrogênio, considerado um combustível bastante atrativo em função de não gerar poluentes em sua combustão e da densidade energética produzida (CR11). Nessa mesma direção, outro estudo reporta a utilização de fotocatalisadores heterogêneos para a decomposição da água, ressaltando que esse processo movido a energia solar pode ser chamado de fotossíntese artificial (CSR08).

Já o estudo CR14, ao abordar também a substituição de combustíveis fósseis por outras fontes de energia limpa, e relacioná-la sobretudo ao desenvolvimento de novas formas de obtenção energética por meio do hidrogênio, realiza um compilado sobre o tema. Segundo os autores do artigo, a evolução eletrocatalítica de hidrogênio, a partir da eletrólise da água, é uma alternativa eficiente e sustentável para a produção de energia limpa. Entretanto, o processo requer catalisadores adequados para produzir hidrogênio, sendo fundamental reduzir o uso de metais nobres, como a platina (muito utilizada nesse processo), por outros elementos químicos mais abundantes na natureza. Por isso, recentemente, diversas nanopartículas (várias delas à base de metais de transição e de nanopartículas livres de metal) vêm sendo divulgadas como eficientes eletrocatalisadores (CR14).

A partir da apresentação desses artigos que relatam o uso de catalisadores, destaca-se ainda a recorrência, em cinco artigos (CSR11, CSR13, CR11, CSR08 e CR14), de um novo agrupamento voltado à temática da perspectiva de separação da molécula de água e ao estudo de potenciais espécies químicas que poderiam auxiliar em reações de obtenção de oxigênio e hidrogênio. Isso tudo, com vistas a uma futura aplicabilidade de metodologias que possam possibilitar a produção de hidrogênio em grande escala, como fonte energética, por exemplo. A maior fonte de obtenção de hidrogênio é a queima de combustíveis fósseis que tendem a se esgotar a longo prazo,

sobretudo com o crescente aumento da população mundial e da consequente demanda por energia (Tee et al., 2017). Ao vislumbrar a possibilidade de que a maioria dos recursos renováveis pode ser usado para produzir eletricidade gerada pela decomposição da água, novas e criativas soluções vêm sendo investigadas para melhorar a relação custo-benefício e otimizar o processo, a fim de promover sua implementação prática, o que justifica o grande empenho dos pesquisadores acerca do tema (Tee et al., 2017).

Um dos estudos que aborda e destaca questões ambientais na Química trata da conversão do dióxido de carbono (CO_2) como uma maneira de desenvolver uma gama de produtos, de combustíveis a produtos químicos, até possíveis fármacos dotados de estruturas químicas com grandes propriedades biológicas (CR05). De acordo com essa proposta, não é suficiente reduzir apenas as emissões de CO_2, mas também descobrir possibilidades de explorá-lo como uma matéria-prima na produção de combustíveis idênticos aos utilizados atualmente, ou então, de novos compostos dotados de outras características, talvez mais eficientes. Sendo assim, seria possível converter boa parte dos problemas em soluções, e essa inovação ajudaria na resolução de diversas questões relacionadas à energia e ao meio ambiente (CR05).

Nesse contexto, é possível associar a perspectiva de inovação à busca constante pela invenção ou reformulação de ideias e propostas que sejam dotadas de originalidade, criatividade e intencionalidade, à procura de melhorias que possam representar um significativo ganho de qualidade. Dessa maneira, o processo de inovação é cercado por temas pertinentes, que podem contribuir para a humanidade e para a conscientização da comunidade científica e da sociedade em geral, corroborando a proposta do estudo (CR05).

Por fim, outros dois artigos (CR10 e CR15) compõem a categoria temática sobre os catalisadores. Um deles investiga as nanoenzimas como alternativa à utilização de enzimas naturais, em decorrência do baixo custo, alta estabilidade, fácil preparação e durabilidade, as quais vêm sendo bastante utilizadas na área industrial, médica e biológica, e no tratamento ambiental, antibacteriano e antioxidante (CR10). Por apresentarem uma menor atividade catalítica e seletividade do substrato em comparação às enzimas naturais, ainda se espera que os avanços futuros na pesquisa científica possam atribuir às nanoenzimas novas aplicações, por meio de investigações que busquem compreender mais sobre seus mecanismos catalíticos

(CR10). Já o artigo subsequente aborda o uso de *nanoclusters* como catalisadores que podem ser empregados em diferentes processos, incluindo a eletrocatálise, a fotocatálise, a catálise em reações orgânicas, dentre outros (CR15). Esses dois estudos também integram a próxima categoria, a dos nanomateriais.

Categoria 3 – Nanomateriais

Esta categoria (12 artigos) contempla a temática dos nanomateriais, já mencionada ao longo da análise. O estudo que aponta o avanço tecnológico e científico destaca a capacidade de produzir técnicas de modelagem molecular e outras relacionadas à possibilidade de mimetizar o comportamento de determinadas estruturas químicas, no intuito de contribuir para o prosseguimento de novas atribuições científicas referentes à síntese de novos compostos, ou então, no aprimoramento e otimização de rotas sintéticas relacionadas a nanomateriais (CR01). Ademais, outros artigos abordam perspectivas em nanocatálise baseada e derivada de MOFs (CR13), descrevem nanomateriais bidimensionais utilizados na eletrocatálise (CR04) e relatam a utilização de nanopartículas na evolução eletrocatalítica do hidrogênio (CR14).

No estudo sobre as nanoenzimas, as enzimas artificiais surgem como uma proposta alternativa às limitações apresentadas pelas enzimas naturais (CSR06). Com isso, diversos novos nanomateriais de alto desempenho estão sendo desenvolvidos para regular as atividades nanoenzimáticas, elucidar mecanismos catalíticos e ampliar potenciais aplicações, como o sensoriamento médico e a remediação ambiental (CSR06). Outro artigo que remete à produção de novos nanomateriais apresenta um compilado sobre nanofibras e inovações consideradas avançadas no estudo de suas estruturas e em seus métodos de produção, como a eletrofiação (CR06). As nanofibras eletrofiadas podem apresentar composições, estruturas e propriedades diversas, devido ao progresso de pesquisas realizadas nas últimas décadas. Os nanomateriais podem ser utilizados em membranas de filtração, suportes catalíticos, dispositivos eletrônicos e outras aplicações ambientais, assim como em componentes de captação, conversão e armazenamento de energia (CR06). Essa aplicação também é possível para nanocristais de perovskitas de haleto de chumbo (NM02).

Os nanomateriais são igualmente relevantes no campo da saúde humana (CSR07 e NM11), pois as pesquisas que os abordam, falam da entrega bem-sucedida de anticancerígenos em tumores. Como o câncer é uma das principais causas de mortalidade no mundo, o que coloca a doença como um problema que assola a humanidade (CSR07), as novas tecnologias e o progresso constante da Ciência têm auxiliado no surgimento de novas alternativas para o tratamento da doença. Segundo a revisão, esses estudos abordam a utilização de nanomaterias como agentes de transdução fototérmicos que são capazes de coletar a energia da luz e convertê-la em calor, aumentando assim a temperatura do ambiente circundante e promovendo o desencadeamento da morte de células cancerígenas (CSR07). Dessa maneira, o uso dessas estruturas químicas, para o tratamento do câncer, pode apresentar algumas vantagens, como o uso de irradiação externa a laser, com a dosagem ajustável, o que permitiria o direcionamento com maior precisão nos tumores, minimizando danos aos tecidos saudáveis. Além de auxiliar no tratamento da doença, o efeito fototérmico pode gerar ondas acústicas que poderiam ser detectadas e convertidas em sinais de imagem – a imagem fotoacústica –, permitindo uma modalidade alternativa de imagem, que também poderia contribuir no diagnóstico de tumores. Os agentes de transdução fototérmicos podem ser orgânicos (incluindo polímeros semicondutores) e inorgânicos (materiais de metais nobres, calcogenetos de metais, nanomateriais a base de carbono, dentre outros) (CSR07).

Outro estudo destaca as investigações sobre a entrada de nanopartículas em tumores (NM11), desenvolvidas a partir de experimentos em camundongos com três tipos de tumores semelhantes aos de humanos, que foram simulados por modelagem, estudos matemáticos e duas técnicas de imagem distintas, para evidenciar o processo de entrada de nanopartículas em tumores em processo ativo, por meio de células endoteliais nos vasos sanguíneos do tumor (NM11). Nas tecnologias voltadas ao campo da saúde, percebe-se um grande avanço em relação às novas aplicações para o tratamento do câncer, conforme discorrem os estudos supracitados. A inserção da nanotecnologia, a partir sobretudo da aplicação de nanomateriais, traz novas possibilidades para o diagnóstico e o tratamento. Contudo, são necessários estudos constantes, o desenvolvimento de protocolos e o aprimoramento das formulações em nanomateriais para que essa aplicação seja bem-sucedida (Cancino; Marangoni; Zucolotto, 2014).

Na revisão que trata do controle morfológico em micro e nanoescalas 1D, 2D e 3D, aplicadas em eletrodos de baterias de íon-lítio, enxofre-lítio, ar-lítio e íon-sódio-potássio, e também, em supercapacitores e na eletrocatálise (CSR14), salienta-se a combinação de micro/nano MOFs com morfologias especiais e materiais condutores (grafeno, espumas metálicas e outros suportes funcionais). Logo, esses suportes podem se tornar uma abordagem viável, ao facilitar o transporte rápido de elétrons, a difusão do eletrólito e melhorar a durabilidade e a estabilidade (CSR14). Especialmente em baterias e supercapacitores, no uso de um eletrólito adequado, a estabilidade do eletrodo MOF pode aumentar significativamente, influenciando diretamente na estabilidade dos materiais MOFs e no surgimento de MOFs condutores como eletrólito de estado sólido em baterias, o que já demonstrou ser um grande avanço em eletrodispositivos (CSR14). O estudo (CSR14), ao mesmo tempo que fala sobre nanomateriais, aborda igualmente as aplicações relacionadas à eletroquímica.

Categoria 4 – Eletroquímica

Um dos ramos da Química evidenciado nas revisões, trata-se da eletroquímica, com dez artigos, nos quais se exploram tópicos como: estruturas organometálicas (MOFs); baterias, capacitores e supercapacitores; células solares e sistemas fotovoltaicos; e a perovskita e suas aplicações no campo da eletroquímica.

A temática da eletroquímica também é abordado nos artigos. Um deles discute as MOFs e a síntese para fins de eletrocatálise, sendo que a utilização de derivados das MOFs surgiu como uma precursora na fabricação de eletrocatalisadores à base de carbono, pois seus derivados apresentam alta condutividade elétrica e sítios ativos uniformemente distribuídos (CSR11). Outro estudo apontou os diferentes mecanismos de reação eletrocatalítica da evolução do oxigênio dos catalisadores heterogêneos baseados em metais de transição, visto que alguns materiais dispõem de reservas limitadas e um alto custo (CSR13). Já na revisão, os autores descrevem a utilização de catálise para a produção eletroquímica de peróxido de hidrogênio com alto desempenho (NM14).

Ademais, nos estudos da eletroquímica, destacam-se aquelas investigações que versaram sobre os nanomateriais bidimensionais empregados em eletrocatálise (CR04), sobre a perspectiva da eletroquímica através da evolução eletrocatalítica do

hidrogênio e os avanços nessa área (CR14), e que apresentaram progressos e perspectivas relacionadas à “reciclagem” do carbono, por meio da redução eletroquímica de CO_2 utilizando catálise de cobre (CR09). Novas pesquisas devem contribuir de forma a impulsionar essa inovação tecnológica e possibilitar sua comercialização, pois, a partir da conversão de CO_2, será possível a produção de combustíveis e diversos produtos químicos, o que poderá promover um impacto substancial na sustentabilidade da economia global de energia (CR09).

Ainda sobre os processos eletroquímicos inovadores, outro estudo apresenta um compilado acerca das perspectivas para os capacitores eletroquímicos (NM12), ao comentar sobre os capacitores elétricos de dupla camada (EDLCs, do inglês: *electrical double-layer capacitors*) baseados em carbonos de alta área de superfície, os materiais pseudocapacitivos como óxidos, os compostos inorgânicos bidimensionais conhecidos como *MXenes* e os microdispositivos emergentes para a Internet das Coisas (NM12). Os EDLCs armazenam carga eletrostaticamente através da adsorção reversível de íons eletrólitos em materiais de carbono, e por apresentarem certas características, como o fato de não realizarem processos redox (pois armazenam energia por meio eletrostático) e terem longa vida útil, alta potência e ampla faixa de temperatura de operação, tornam-se uma tecnologia importante de armazenamento de energia. E também, servem como novos materiais pseudocapacitivos e do mecanismo de reação pseudocapacitiva de intercalação em massa que ocorre em eletrólitos não aquosos (NM12). Em outra revisão (NM13), os autores, ao relatarem uma rota de síntese de sal fundido para preparar *MXenes* em eletrólito não aquoso, evidenciam que os *MXenes* preparados têm potencialidades como eletrodos negativos em dispositivos de armazenamento de energia eletroquímica (baterias e capacitores de íons de lítio).

Na mesma linha, o estudo NM08 buscou discutir a compreensão das propriedades materiais de eletrólitos sólidos inorgânicos em baterias de estado sólido, sobretudo por meio das propriedades dos eletrólitos sólidos abordadas nas áreas de transporte de íons em multiescala, das estabilidades eletroquímicas e das mecânicas e sua dependência dos métodos de processamento disponíveis. De maneira geral, o estudo evidencia e propõe prováveis descobertas futuras acerca de novos compostos capazes de suportar a rápida condutividade dos íons e que possam estabelecer novas abordagens experimentais para monitorar a operação da bateria de estado sólido e

as reações interfaciais de sondagem e da evolução da pressão, a otimização da dopagem química, das novas rotas de síntese, do processamento e da preparação de filmes finos densos (NM08).

Alguns artigos, como os mencionados anteriormente na categoria correspondente à eletroquímica e afins (NM08 e NM12), compõem igualmente a próxima categoria.

Categoria 5 – Baterias, Capacitores e Supercapacitores

Esta categoria discute as estruturas químicas que podem ser utilizadas em baterias, capacitores e supercapacitores (seis artigos). No artigo CSR03 aborda-se o uso de supercapacitores de estado sólido flexíveis e sua utilização para o armazenamento de energia com diversas aplicações tecnológicas inovadoras. Alguns exemplos da aplicação desses sistemas consistem em eletrônicos vestíveis, dispositivos médicos implantáveis e sistemas integrados de células solares, que podem ser incorporados a relógios, sensores, celulares etc. (CSR03).

Um panorama semelhante é evidenciado em outro estudo (CR02) que versa sobre a utilização de supercapacitores assimétricos como uma opção para o armazenamento de energia, com uma elevada densidade de potência. A abordagem dessas temáticas é relevante a ponto de convergir com ideias voltadas à produção de energia em função do atendimento das demandas globais, obtidas por meio de fontes renováveis, as quais, uma vez postas em prática, precisam de novas alternativas de armazenamento (CR02), para que seja possível o desenvolvimento de produtos cada vez mais eficientes.

Outros estudos relacionados ao armazenamento de energia apontam as tendências e as diretrizes para as baterias/pilhas recarregáveis (NM03, NM08 e CSR12). O estudo em questão objetivou demonstrar que um eletrólito aquoso, à base de zinco e sais de lítio em altas concentrações, é muito eficaz em resolver o crescimento de dendritos (NM03). Nesse sentido, as baterias de zinco têm demonstrado grande segurança e ciclabilidade, com aplicações em algumas condições extremas, como a área aeroespacial, em aviões, submarinos, veículos de pesquisa em oceano profundo e aplicações militares (NM03).

Estudos que buscam compreender e investigar os avanços referentes aos diferentes tipos de baterias/pilhas evidenciam a importância pela crescente demanda

de eletrônicos por parte da sociedade, a fim de que ela esteja “conectada” com os produtos portáteis que possam oferecer um maior armazenamento de energia. Nesse sentido, o desafio da inovação não se limita a produzir baterias/pilhas, pois precisar buscar também o menor custo, uma maior longevidade, o aumento da capacidade de armazenagem, o tempo de recarga adequado e um melhor desempenho para os aparelhos. Ao mesmo tempo, isso traz complicações ambientais devido à geração de resíduos eletrônicos (Lima; Silva, 2018).

Categoria 6 – Células Solares e Sistemas Fotovoltaicos

Ao refletir e buscar ainda novas alternativas energéticas que possibilitem considerar o meio ambiente e atender às demandas globais, outra temática, destacada em quatro artigos, diz respeito às novas tecnologias para a produção e o aperfeiçoamento de células solares e sistemas fotovoltaicos.

O desenvolvimento de tecnologias fotovoltaicas representa uma promissora alternativa para o enfrentamento dos desafios relacionados ao fornecimento de energia, a fim de abrandar a carga de eletricidade advinda de fontes tradicionais e a poluição ambiental produzida por elas (Hao et al., 2022). Na sequência dos estudos sobre o armazenamento e a conversão de energia, mas com um foco voltado às células solares (CR03 e NM01), os estudos apresentam um compilado acerca dos materiais receptores de não-fulerenos (NF OSCs, do inglês: *non-fullerene organic solar cells*), que não são derivados do fulereno, mas que são muito utilizados em células solares para a produção de energia limpa. Recentemente, diversas moléculas pequenas e oligômeros vêm sendo estudados como uma alternativa capaz de substituir os derivados de fulereno em células fotovoltaicas orgânicas, em função do menor custo e da maior facilidade de sua obtenção (CR03).

Segundo afirmam no estudo, o desenvolvimento quanto à eficiência da conversão de energia em NF OSCs aumentou, considerando os OSCs à base de fulereno (NM01). Como resultado, os autores apontam quatro fatores importantes: os aceitadores de NF apresentam excelente solubilidade em diversos solventes, possibilitando a seleção de solventes verdes; a aplicação em grande escala; as investigações quanto à estabilidade, considerando fatores como o oxigênio, a umidade e as temperaturas elevadas; e que os novos materiais precisam ser desenvolvidos, devido ao custo das rotas de síntese das NF OSCs (NM01).

Nesse mesmo sentido, CR07 e NM05 discutem as pesquisas que envolvem a utilização de haleto de perovskita na produção de tecnologias fotovoltaicas e no desenvolvimento da perovskita, considerada um importante material semicondutor, principalmente por sua utilização em células solares. Ainda que possua outras aplicações, como em detectores de raios-X e em dispositivos de detecção de imagens, os estudos apontam o baixo custo desse material como uma das principais vantagens de sua aplicação em células solares (CR07). Na revisão (NM05) que tratou dos dispositivos de perovskita e silício combinados para células solares, indica-se a composição como promissora para a conversão de energia, uma vez que desenvolve um processo de deposição de células superiores que atinge o crescimento de vários compostos com propriedades optoeletrônicas controladas diretamente nas pirâmides de tamanho micrométrico de silício monocristalino texturizado.

Os dois últimos artigos (CR07 e NM05) também foram classificados na temática da perovskita e de suas aplicações, além dos estudos anteriormente mencionados (NM02 e NM06). Essa classe de estruturas químicas é discutida em diversas variações, como perovskita de haleto de chumbo na forma de nanocristais ou na forma de cristais coloidais (LHPs NC, do inglês: *lead halide perovskites nanocrystals*) (NM02), tandem (ou multijunção) de perovskita e silício (NM05) e perovskita de haleto de chumbo bidimensionais (NM06).

Diante do exposto, destaca-se a eficiência das células de terceira geração, pois são à base de materiais orgânicos, corantes, pontos quânticos ou perovskitas, e que englobam estruturas mais complexas, como as células tandem, visto que sua conformação, ao invés de utilizar uma única camada absorvedora formada por silício ou perovskita, é composta por filmes finos emergentes: uma organização que funciona de forma cooperativa, aproveitando uma maior faixa do espectro solar (Raphael et al., 2018).

O estudo NM02 destaca a relevância das pesquisas em LHPs, devido à sua versatilidade óptica, pelos altos rendimentos quânticos de fotoluminescência e pela facilidade em sua síntese, além de apresentarem uma alta resistência estrutural (NM02). E complementa, ao enfatizar que a “geração eficiente de cor pura ou luz branca com LHPs ganhará crescente interesse científico e, muito provavelmente, se transformará em uma grande oportunidade comercial (em displays, iluminação e outras aplicações)” (NM02, p. 403).

A revisão NM06 aborda os semicondutores híbridos orgânico-inorgânicos. Ao considerar a dinâmica estrutural de uma perovskita de iodeto de chumbo bidimensional prototípica, justifica a coexistência de diversas ressonâncias excitônicas, cada uma delas com um grau de caráter polarônico e com acoplamentos de rede distintos. Para a análise, fez-se uso da espectroscopia Raman e dos cálculos de teoria funcional de densidade, no intuito de identificar os pacotes de ondas vibracionais e as diferentes coordenadas de configuração para os éxcitons e os fotoportadores (NM06).

Categoria 7 – Estruturas e materiais à base de carbono

Nesta categoria estão presentes oito artigos que abordam pesquisas desenvolvidas com o carbono, seja em sua estrutura, seja em materiais à base de carbono, incluindo a funcionalização e a ativação das ligações com carbono, os polímeros orgânicos e as estruturas covalentes orgânicas (COFs).

Sobre as revisões que abordam a temática das células solares (CR03 e NM01), há pesquisas que se ocupam também dos materiais à base de carbono, as quais apontam para a produção de dispositivos a partir de moléculas livres de fulerenos como uma alternativa viável ao aprimoramento de células solares, por exemplo. Isso porque, em muitos casos, utiliza-se, para a produção de células solares orgânicas, uma mistura de materiais doadores e aceitadores que derivam do fulereno (em virtude dos satisfatórios valores de eficiência quanto à conversão de potência) (Silva, 2020). Por isso, nessa temática, são descritas as pesquisas que envolvem o carbono e/ou a substituição de materiais à base desse elemento químico, por apresentarem termos que remetem ao carbono (grafeno, fulereno) (CR03, NM01 e CSR05).

A utilização da tecnologia é fundamental para a geração de inovação, logo, a inovação também é essencial para impulsionar novas tecnologias, a exemplo da espectroscopia Raman utilizada para fornecer informações sobre o número de camadas, a ordem de empilhamento, as bordas, a tensão e o mecanismo de crescimento dos flocos de grafeno (CSR05). Sendo assim, a técnica foi utilizada para a caracterização e o monitoramento de propriedades ou funções projetadas sob demanda dos materiais de grafeno, que podem ser aplicados em diversos dispositivos de armazenamento de energia, células solares, dentre outras possibilidades (CSR05).

Na revisão que aborda a funcionalização da ligação C-H, as reações se configuram pela conversão de uma ligação C-H em uma outra ligação envolvendo carbono e outros átomos, como C-O, C-N, C-C, ou então, outras possibilidades. Ressalta-se que investigar novas formas de promover essas reações químicas é um fator importante, tendo em vista o potencial que vem demonstrando os grupos direcionadores e a catálise metálica nesses processos, o que justifica seus estudos (CSR04). No artigo se destaca também a importância de utilizar, por exemplo, catalisadores à base de ferro, cobre e níquel, que são menos tóxicos e facilmente obtidos em função de sua ocorrência natural. Outro estudo que considera a conversão de ligações que envolvem átomos de carbono e hidrogênio (CR08) destaca a utilização de metais de transição 3D como um modo de auxiliar na ativação de ligações desse tipo, tendo em conta a relevância que esses processos de síntese apresentam frente à Química, em virtude da obtenção de compostos com potencial farmacêutico, na proteção de cultivos, na Ciência de materiais, dentre outros. Os artigos CSR04 e CR08, além de compor a categoria referente às estruturas químicas compostas por metais, também se destacam por abordar o tema da funcionalização da ligação C-H, associada à categoria das estruturas e materiais à base de carbono.

Outro estudo aborda diferentes maneiras de realizar o fracionamento, a despolimerização e o aprimoramento de lignina (polímero orgânico de estrutura amorfa e de alta complexidade) (CSR02). Esses três aspectos interconectados da biorrefinaria podem indicar diversas inovações, passíveis de extrapolar o uso da lignina como matéria-prima para ser aplicada, de forma promissora, em colas, adsorventes, em nanofibras de carbono, ou então, em produtos químicos de base biológica.

Dessa forma, é importante que outros estudos sejam feitos, de modo que a indústria do papel e da biorrefinaria substituam os métodos tradicionais por outros inovadores, evitando a degradação severa da lignina (CSR02) (Rodrigues et al., 2020). No contexto atual, isso é relevante, já que as indústrias procuram maneiras de inovar e assim sobreviver em uma economia global que sofre mudanças constantes, em virtude das urgentes demandas ambientais. Como a procura por biomassa deve aumentar, as biorrefinarias podem ser uma parte importante para a conversão de recursos e de matéria-prima renováveis (Bauer et al., 2017).

Outro foco temático das revisões centrou-se nas Estruturas Orgânicas Covalentes – COFs (do inglês: *covalent organic frameworks)*. Pesquisas envolvendo essas estruturas já se debruçavam sobre as futuras perspectivas acerca do desenvolvimento de novos métodos para a geração de estruturas orgânicas covalentes (Waller; Gándara; Yaghi, 2015). Isso corrobora a perspectiva de inovação, a ponto de destacar o surgimento de novas estruturas que, ao incorporarem determinadas propriedades, possam otimizar as rotas de síntese e outras aplicações em produtos e serviços, além de auxiliar no próprio desenvolvimento científico e examinar os avanços recentes em estruturas orgânicas covalentes (COFs) (Moura, 2000; Miron; Cavalcanti; Wongtschowski, 2005).

Nesse contexto, destaca-se o potencial das estruturas poliméricas constituídas de ligações covalentes e “construídas sob medida” em representar a produção de diversos materiais com aplicações diversas, nas áreas Química e Biológica (CR12). Nesse caso, pesquisas recentes têm sido importantes para elucidar novos dados sobre as estruturas orgânicas covalentes e atribuir a elas um diferencial que se concentra na possibilidade de permitir a sua “pré-projeção”, com o intuito de conferir ao material características e propriedades desejadas, como a cristalinidade e a estabilidade estrutural (CR12).

Na mesma perspectiva, os autores de CSR15 abordam o surgimento das COFs como os novos materiais ideais para serem usados em aplicações avançadas de separação, devido à sua alta porosidade, com estruturas de poros definidas e tamanhos de poros ajustáveis, e também, com grandes áreas e propriedade de superfície ajustáveis, além de sua excelente estabilidade. O estudo destacou os principais avanços feitos na síntese das COFs em diversas aplicações de separação, incluindo o tratamento de água ou a separação de misturas de gases e de moléculas orgânicas, como compostos quirais e isoméricos (CSR15). Ademais, a revisão aponta as estratégias de aplicação de COFs, a partir da adaptação de poros ou formas, da modificação da superfície ou dos grupos funcionais e da fabricação de membranas (CSR15). Contudo, um dos maiores desafios na síntese das COFs é a construção de ultramicroporos para realizar o peneiramento molecular ultrarrápido e altamente seletivo, sobretudo porque as COFs, com tamanhos de poros menores que 1 nm, ainda são raramente obtidos devido à limitação do tamanho das unidades de construção (CSR15).

Categoria 8 – Outros temas

Além dos artigos de revisão, categorizados nos sete temas identificados inicialmente, presentes na Figura 1, relacionados especialmente à Química, foram identificados dois artigos que não puderam ser incluídos em nenhuma das categorias anteriores, em função da temática explorada. Contudo, embora ambos mencionassem o campo da Química em suas discussões, seu foco principal se centrava em dispositivos computacionais (NM09) e em Mecânica Quântica (NM10). Ainda assim, adentram temas bastante relevantes para o campo científico, mesmo que não discutam, propriamente, o campo da Química.

A revisão NM09 analisou o progresso, os desafios e as possíveis soluções para a computação eficiente, inspirada no cérebro com implementações memristivas, tanto como aceleradores quanto como blocos de construção para as redes neurais de pico. Segundo o estudo, as redes neurais memristivas abordam problemas de velocidade e eficiência energética em *hardwares* de computação de diferentes perspectivas. Por essa razão, os materiais e os aparelhos estão concentrados na adaptação de propriedades do dispositivo para se adequar aos algoritmos de computação, embora se possa excluir facilmente alguma nova propriedade dele (NM09). Conceitualmente, um memristor (do inglês: *memory resistor*) envolve a combinação entre o resistor e a memória, sendo chamado de “quarto elemento fundamental dos circuitos eletrônicos” (ao lado do resistor, capacitor e indutor) (Pissardini, 2022). É considerado a base para as “sinapses”, isto é, para a comunicação entre as células, que influenciam na aprendizagem e memorização, podendo ser aplicado em dispositivos eletrônicos e diferentes contextos. Além disso, pode revolucionar os desenhos de circuitos digitais e os sistemas computacionais e representar um caminho inédito e possível à inteligência artificial (Berrios et al., 2022), o que evidencia a importância dos avanços acerca da classe de materiais que está presente em equipamentos de informática e telefonia.

Por fim, o artigo de revisão NM10 aborda os principais conceitos e experimentos que investigaram as propriedades fundamentais da simetria paridade-tempo (do inglês: *symmetry parity-time*), os quais demonstraram a capacidade das estruturas simétricas para controlar e manipular o transporte de luz, apontando desafios futuros. O estudo, ao tratar da interação radiação-matéria, conclui que a introdução da simetria PT (*Parity-time*) e da não-hermiticidade na fotônica estabeleceu

novas maneiras de usar ganho, perda e seu acoplamento para controlar o transporte de luz. Nesse sentido, ao explorar a não-hermiticidade e a simetria PT em campos já estabelecidos e emergentes, é possível melhorar o desempenho dos dispositivos, assim como obter avanços tecnológicos em fotônica e na Ciência dos Materiais (NM10). A revisão desenvolveu discussões no contexto da mecânica quântica e do campo da Física sobre a simetria paridade-tempo (Julião; Albuquerque, 2021). Nesse sentido, traz a contribuição da mecânica quântica na produção de novos avanços científicos no desenvolvimento de fenômenos fotônicos, que tratam de uma Ciência da geração, emissão, transmissão, modulação e detecção da luz (Julião; Albuquerque, 2021).

4.2.2 Algumas relações entre as temáticas e a inovação em Química

Ao considerar as oito categorias que emergiram do processo de análise, por consequência da identificação de diferentes temáticas que, em muitos casos, se relacionam e se complementam em vários dos estudos, a análise permitiu identificar algumas temáticas emergentes e amplamente referenciadas na área, incluindo: as estruturas contendo metais; a catálise química; os nanomateriais; a eletroquímica; as baterias, capacitores e supercapacitores; as células solares e os sistemas fotovoltaicos; os estudos de materiais à base de carbono e as alternativas ao seu uso; dentre outras temáticas voltadas à aplicação desses estudos.

As temáticas envolvem, e estão atreladas, por exemplo, a discussões relacionadas à preocupação com o meio ambiente, a uma maior sustentabilidade do planeta e à procura por novas fontes energéticas que deem conta das demandas atuais e que sejam renováveis, descartando (quiçá em um futuro distante) ou evitando o uso de combustíveis fósseis, poluentes e esgotáveis. Essa preocupação mobiliza diferentes estudos da área da Química que possam representar alternativas promissoras frente a novos e/ou reformulados materiais que sirvam como catalisadores em estudos sobre sistemas fotovoltaicos e em processos de obtenção de novas estruturas, de transformação propriamente dita, do gás hidrogênio em fonte energética viável em grande escala (CR13, CSR09, CR03, CSR01 e CSR11).

Indubitavelmente, a busca por tudo o que envolve a produção, a conversão e o armazenamento de energia limpa, a partir de fontes renováveis capazes de substituir ou, ao menos, diminuir ao máximo o uso de combustíveis fósseis, fornecendo uma

certa segurança energética, tornou-se um dos grandes desafios inovadores para o desenvolvimento sustentável da sociedade contemporânea (Epicoco; Oltra; Jean, 2014). Nos Estados Unidos, por exemplo, no ano de 2021, foi elaborado um projeto de lei que propõe um acordo entre os líderes empresariais e os ambientalistas, prevendo uma cooperação de apoio com o intuito de promover a implementação da lei, que pretende, de um modo geral, auxiliar na promoção da inovação química sustentável (Anastas, 2021).

Esses estudos indicam o quanto o desenvolvimento tecnológico e as inovações são importantes para o progresso das ciências e na elaboração de novos materiais. A partir das pesquisas é possível explorar as potencialidades de suas aplicações e contribuir significativamente com os mais diversos setores. E o objetivo não se limita apenas a atender à demanda de geração de produtos e serviços, a exemplo dos estudos em fontes energéticas, mas também a minimizar os efeitos nocivos que o consumo de energia e o descarte causam ao meio ambiente. Além disso, quanto mais a inovação promover mudanças, novas inovações, por consequência, serão desenvolvidas (Mattos; Guimarães, 2005).

A produção de novos materiais volta-se ao melhoramento de dispositivos eletrônicos já existentes em função de suas eficiências, ao barateamento no custo de produção e sua consequente obtenção, ou ainda, ao desenvolvimento de novidades que deverão atender a sociedade cada vez mais inserida na tecnologia. E isso irá impulsionar os estudos que abordam os dispositivos flexíveis, portáteis e até vestíveis, e também, os componentes de computação eficientes em relação à potência e à memória, dentre outros (CSR03, NM08 e NM09).

O desenvolvimento de novos materiais ou a sua reformulação, de modo a aperfeiçoar a utilização deles na vida cotidiana da população, reflete, de certa forma, a inovação produzida nos centros de pesquisa. Ademais, de acordo com algumas perspectivas de inovação, para que ela resulte em desenvolvimento econômico, tecnológico, comercial e social, e até mesmo auxilie na saúde humana, é fundamental que a inovação alcance, de alguma forma, a esfera da sociedade, gerando melhorias na qualidade de vida dos sujeitos (Morés, 2018; Capes, 2019a). Afinal, promover melhorias relacionadas à qualidade de vida constitui também uma justificativa das temáticas, a exemplo dos estudos voltados a aplicações na biomedicina de maneira mais geral, seja na busca por novas estruturas químicas que possam possibilitar a

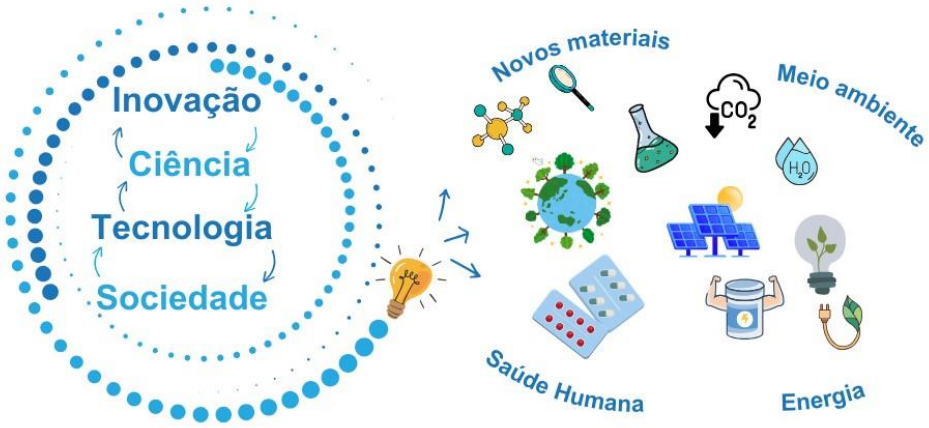
entrega de medicamentos em diferentes e específicas regiões do corpo humano, seja ao compilar estudos que possam auxiliar no diagnóstico e no tratamento de câncer (CR06, CSR07 e NM11).

Além da preocupação com as aplicações já mencionadas, há o desejo de possibilitar o avanço do conhecimento científico, orientando futuros estudos nas mesmas linhas de pesquisa descritas nos artigos de revisão analisados (CR02, CR08 e CR12). Isso poderá ser possível com o avanço tecnológico e científico, o que irá contribuir na busca pela inovação, que tem uma estreita relação com esses conhecimentos, com as demandas da sociedade e com a preservação ambiental. O ato de inovar implica empregar os conhecimentos em prol da inovação como uma forma de promover transformações. Sendo assim, a compreensão e o domínio sobre as inovações tecnológicas e suas implicações representam fatores importantes para o desenvolvimento da própria Ciência, da sociedade, das empresas, das indústrias e do país (Moura, 2000; Morés, 2018), e também um compromisso ético e responsável com a sustentabilidade do planeta.

É importante salientar que os conhecimentos necessários ao impulsionamento das pesquisas em inovação no campo científico advêm de um conjunto de fatores orientadores, sobretudo os legislatórios, responsáveis por regulamentar as universidades e as instituições de ensino em seus currículos. Contudo, ainda vigora, para o exercício da profissão de químico, uma legislação inadequada aos atuais avanços científicos e tecnológicos que a Ciência vem alcançando. Por isso, é preciso uma legislação que contemple a Química no ramo Computacional e da Modelagem Molecular, da Química Medicinal, Verde, Ambiental e de Materiais, assim como da Biotecnologia, Nanotecnologia, Sustentabilidade, Inovação, Ética, dentre outros (Machado; Cortes; Almada, 2023).

O olhar sobre as temáticas demonstra o que se produz em centros de pesquisa, com o suporte da Ciência e da Tecnologia. Isso indica elementos que podem se refletir na sociedade por meio de aplicações do conhecimento construído (Figura 10). Nesse processo, os conhecimentos científicos, tecnológicos e de inovação interferem-se diretamente entre si, na e com a sociedade, e acabam “exigindo a produção de novos conhecimentos e saberes, em busca de proposições que atendam às necessidades e demandas dos novos tempos e cenários” (Morés, 2018).

Figura 10 - Relação cíclica entre os eixos Inovação, Ciência, Tecnologia e Sociedade que estimulam a produção em diversas áreas de estudo da Química



Fonte: Autoria própria.

Como a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade interferem na Inovação, promovem a influência no processo científico e tecnológico e, consequentemente, afetam a sociedade, isso leva a crer que não é possível compreender esses quatro conceitos ligados de maneira linear e unidimensional, pois a relação que se estabelece entre eles é mais adequadamente compreendida como um círculo que os conecta sem demarcações sobre seu início ou fim. Dessa forma, o processo de produção do conhecimento acontece, pode chegar e/ou resultar de uma demanda da sociedade, com uma maior responsabilidade com o planeta (Mota; Scott, 2014).

A partir da busca por contemplar um ensaio que objetivasse uma maior compreensão sobre o que existe e pode ser tomado como uma inovação Química em um contexto mais recente, a análise sobre os artigos possibilitou a formulação de algumas considerações, especialmente a de que existem algumas temáticas amplamente citadas pela comunidade científica. Essa é uma característica própria da Ciência, a de utilizar como base as teorias e os conhecimentos já descritos para formular novas inferências e constatações, construindo, assim, novos conhecimentos, ou ainda, corroborando, reformulando, aprimorando ou até mesmo refutando conhecimentos científicos existentes (Chalmers, 1993; Pérez et al., 2001).

Nesse contexto, as temáticas emergem das demandas, oriundas do meio social, ambiental ou científico (para a resolução de problemáticas, por exemplo), e da própria inovação que propicia a elaboração de outros materiais ou serviços com finalidades específicas, por meio da elaboração de novos conhecimentos e produtos que, de alguma forma, têm impacto no desenvolvimento da tecnologia e na inovação

para a Ciência. Em outras palavras, ao influenciar e sofrer influências *na* e *da* comunidade científica e social, percebe-se que gradualmente a inovação passa a não ter apenas o caráter de atender demandas, uma vez que também influencia no processo de construção da Ciência (por meio do direcionamento a programas de pesquisa), sendo que, em alguns casos, não gera apenas produtos e métodos, mas novas demandas (Mota; Scott, 2014).

A partir dos 45 artigos analisados, foi possível identificar temáticas e discussões relevantes na atualidade, impulsionados por investigações que se centram no intuito de promover melhorias e estudos relacionados ao ambiente e à sustentabilidade, ao avanço e ao desenvolvimento tecnológico, à saúde humana, ao mercado e ao próprio progresso do conhecimento científico em si. Portanto, as inovações surgem não apenas para gerar novas aplicações práticas à sociedade, ou então, para contribuir com a economia e responder a demandas estabelecidas, mas também para contribuir em novos direcionamentos da pesquisa científica e tecnológica, produzindo e aprimorando novos saberes.

Dessa forma, é possível concluir que a inovação não está presente apenas na criação de novos produtos, já que se ocupa também de temas e questões que há muito são estudados, mas que ainda são discutidos em função de sua relevância científica. Surge atrelada, principalmente, ao desenvolvimento de novas, criativas e originais metodologias, ao aprimoramento de (novas) rotas sintéticas, capazes de potencializar as propriedades desejáveis de produtos e/ou métodos, e também, ao aprimoramento de técnicas e métodos que possibilitam o avanço científico sobre o que já é parcialmente conhecido.

Nesse sentido, constata-se que o avanço científico e tecnológico auxilia no progresso constante da própria Ciência e Tecnologia, o que se reflete na sociedade e no futuro do planeta, e que pode (ou não) resultar em melhorias na qualidade de vida, na preservação do meio ambiente e na saúde humana, assim como em novas tecnologias e em meios para torná-las mais acessíveis. Nesse contexto, quando esses impactos produzidos são passíveis de avaliação e certa validação por parte da sociedade e/ou comunidade científica, pode-se dizer que a inovação se concretiza e se torna palpável. Isso implica na relevância das temáticas, brevemente apresentadas neste artigo, que constituem propostas de formação de nível escolar a universitário e/ou de divulgação científica, e que buscam viabilizar a inserção da sociedade no

debate, nas escolhas e na compreensão sobre como a Ciência Química funciona no cotidiano e como pode impactar o planeta.

Por fim, vale destacar um ato reflexivo: a inovação, que pode ser definida como a introdução de novidades a determinados sistemas, métodos, técnicas ou produtos, com a intencionalidade de aprimorá-los, atribui melhorias ao setor onde costuma se estabelecer, pois surge através do avanço científico e tecnológico, com impacto na sociedade (Morés, 2018; Capes, 2019a; Sangiogo; Konh; Freitas, 2022). No entanto, ao mesmo tempo que surge em função da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade, também as influencia, a ponto de se inter-relacionarem, ao que cabe à Inovação se resguardar a fim de não comprometer a autonomia da Ciência, sobretudo quando embasada apenas no impacto proveniente da geração de capital e da economia (Oliveira, 2011; Maceno; Guimarães, 2013; Eichenberger, 2019). Por isso, sugere-se cautela quando se busca analisar o que pode ser considerado, de fato, uma inovação, ou então, um legítimo avanço científico capaz de auxiliar no desenvolvimento de melhorias. Logo, saber diferenciar essas contribuições é necessário, sobretudo quando o termo “inovação” é usado apenas como uma forma de deslumbramento pelo mercado.

No subcapítulo 4.3 outras discussões a respeito da inovação dessa vez no contexto educacional, a partir de perspectivas de documentos oficiais que normatizam e orientam o Ensino Médio, serão traçadas.

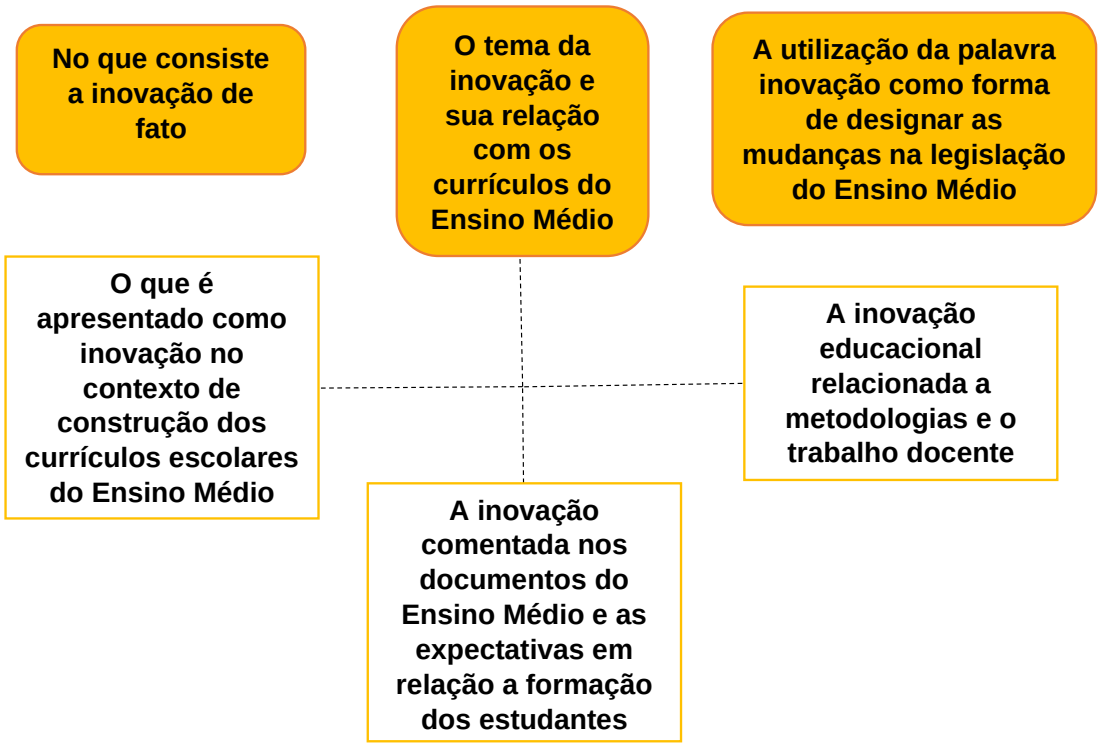
4.3 Uma análise documental sobre inovação nos documentos que regulamentam e orientam o Ensino Médio

Existe a inegável premissa de que a escola e as etapas de formação do ensino básico, como no caso do Ensino Médio, precisam atender as atuais demandas educacionais (Brasil, 2018a), que estão relacionadas ao mundo moderno, o qual está envolto pela tecnologia, pela rapidez das mídias, pela heterogeneidade e pluralidade cultural, pela globalização da sociedade, mudanças nos paradigmas de Ciência e conhecimento, entre outros fatores (Libâneo, 2004). Nesse sentido, faz-se necessário compreender melhor sobre as mudanças que vêm caracterizando as juventudes, bem como refletir sobre as orientações que constam nos documentos oficiais e normatizações que norteiam a construção dos currículos escolares e, assim, buscar maneiras de construir práticas educativas efetivas com relação as mudanças

necessárias, viabilizando acesso a uma educação que esteja de acordo com o que é esperado em função da realidade atual dos estudantes (Brasil, 2013; Dayrell, 2007).

Por meio da construção do *corpus* de análise, onze documentos oficiais que regulamentam e orientam a etapa do Ensino Médio (vide seção 3.2), se teve a intenção de compreender sobre como a inovação é representada nos documentos oficiais analisados. Tendo em vista, que inovar pode estar atrelado à diversas formas e sentidos possíveis (Morés, 2018). Ainda que pode apresentar distintos significados, de modo geral, a inovação costuma significar um indicativo de possíveis mudanças nos processos educativos. Isso é verificado na grande maioria dos documentos analisados, como da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), do Referencial Curricular Gaúcho (RCG), sobretudo no Parecer nº 11/2009 que trata sobre a Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio.

Mesmo que de um modo mais abrangente a inovação possa ser considerada sinônimo de mudanças, quando utilizado esse termo dentro de um contexto específico nos textos, torna-se possível fazer alguns apontamentos, como nas diferenças e semelhanças encontradas nos sentidos que inovação assume, conforme *corpus* de documentos e processo de análise fora indicado no subcapítulo 3.2. Nesse sentido, a análise dos documentos tornou possível a construção de três categorias e suas subcategorias emergentes do processo de análise, conforme ilustrado no Esquema 3.



Esquema **3** - Diagrama que ilustra as três categorias (em amarelo) e suas respectivas subcategorias (em branco), emergentes da análise sobre alguns documentos que normatizam o Ensino Médio e o tema da inovação

A primeira categoria – **No que consiste a inovação de fato** – apresenta um conceito de inovação, o que contribui de maneira expressiva para a compreensão do significado que é atribuído ao mencionar essa palavra nos documentos oficiais. A preocupação com uma conceituação de inovação, dentre os textos analisados, surgiu apenas no documento que estipula sobre a Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio, no Parecer nº 11/2009. O documento, ao considerar sobre a análise de mérito da proposta, buscou dentro dessa perspectiva, conceituar o ato de inovar e a inovação:

> Nessa perspectiva, na abertura da Audiência Pública Nacional, a Professora Maria do Pilar, Secretária de Educação Básica do MEC e membro da Câmara de Educação Básica deste Conselho, citando Martha Gabriel, assim expressou o sentido dessa proposta para o Ensino Médio Inovador, o qual levamos em consideração na análise deste Parecer. “INVENTAR é criar, engendrar, descobrir. **INOVAR** é tornar novo, renovar, introduzir novidade em. A INVENÇÃO tende a ser ruptura, mas a **INOVAÇÃO** reside no fato de ter compromisso de buscar o foco nas boas idéias existentes, e, especialmente, no fato de que não há mal algum em tomar emprestada uma idéia que já exista. A virtude da **INOVAÇÃO** está em enquadrar essas idéias às necessidades por meio de: adaptação, substituição, combinação, ampliação ou redução, outras utilizações, eliminação, reversão ou trazer de volta. (Brasil, 2009, p.7, grifo nosso).

Segundo o fragmento, estabelece-se uma diferença importante entre invenção e inovação. A invenção envolve a criação ou descoberta de algo novo, que pode gerar até mesmo, uma ruptura em busca de melhorias. Nesse contexto, não é única e exclusivamente a invenção que se deseja como base para inovação, pois o ato de inovar não necessariamente requer apenas o inédito, pode haver ainda, a modificação, o aprimoramento ou até mesmo a substituição de ideias já existentes que estejam sendo utilizadas. O foco central da inovação pode ser o de atribuir utilidade a determinado produto, serviço, técnica ou método, e assim melhorar a qualidade dele. A inovação não precisa consistir apenas na criação da novidade em si, pois pode, ainda, utilizar-se do que já é disponível de uma forma recriada, readequada, readaptando e modificando o seu alvo, produzindo mudanças com a finalidade de provocar melhorias (Brasil, 2009).

Além disso, fica evidente que a inovação não é representada apenas pelo alcance de um produto final, ela pode ser também, o trajeto que leva a esse produto, ou seja, um percurso, um método (Messina, 2001; Morés, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Nesse sentido, inovação pode ser considerada um processo, capaz de transformar o seu objeto alvo, bem como a si própria, porém, ela não tem o fim em si mesma, a busca pela inovação é um processo contínuo. Segundo Messina (2001), é consenso entre vários autores de que o ato de inovar gira em torno da busca pela constante inovação (Messina, 2001). Sendo assim, podemos inferir que em meio ao contexto educacional, de uma forma bastante abrangente, inovar significa utilizar-se de invenções, ou de artifícios já conhecidos, porém readequados, aprimorados, ou até substituir o que é usual, para gerar transformações nos sistemas educacionais, esse processo deve ocorrer em busca de agregar melhorias sejam elas em relação à formação integral dos estudantes, dos docentes, de metodologias de ensino, ou de infraestrutura de espaços de ensino (Brasil, 2009; Messina, 2001; Morés, 2018).

Apesar do conceito de inovação apresentado no documento, que se refere a Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio - Parecer nº 11/2009, dar conta da dimensão e significado que o emprego dessa palavra pode representar na legislação e normatização do Ensino Médio, de uma maneira geral, durante o processo de análise desse e dos demais documentos, foram identificados contextos mais específicos de utilização desse termo e seus derivados.

Diante do exposto, da especificidade que a palavra inovação tem nos documentos, emergiu uma segunda categoria intitulada: **O tema da inovação e sua relação com os currículos do Ensino Médio**. A categoria, diferente da anterior, não objetiva conceituar sobre inovação de um modo mais geral, mas resulta no agrupamento de unidades de significado que foram realizados em função de orientações que são dadas para a construção dos currículos escolares.

Nesse sentido, ao considerar o que é estabelecido nos documentos sobre a construção de currículos com propostas inovadoras, emergiu a subcategoria: **O que é apresentado como inovação no contexto de construção dos currículos escolares do Ensino Médio**, em que os fragmentos destacados dos documentos reiteram que existem diretrizes que precisam ser seguidas no momento de definição e organização da proposta curricular, isso a fim de promover uma educação menos desigual a todos os estudantes. Porém, há certa flexibilidade decisória na legislação que permite às instituições de ensino, pensar propostas curriculares que busquem atender as demandas locais de cada ambiente educacional relacionando as diferentes realidades vivenciadas pelos sujeitos no currículo escolar de cada instituição (Brasil, 2009; Rio Grande do Sul, 2021), essa possibilidade introduzida na lei, por si só já é considerada uma inovação, como por ser observado no fragmento a seguir:

> A nova estrutura do Ensino Médio adota a flexibilidade como princípio para a organização curricular. Essa **inovação curricular** tem como principal objetivo a elaboração de currículos e propostas pedagógicas que contemplem tanto as especificidades locais, quanto a multiplicidade de interesse e protagonismo dos estudantes. Cabe então aos sistemas de ensino, fomentar alternativas que visem à diversificação e à flexibilização curricular desde que atendidos os direitos de aprendizagem instituídos na BNCC (Rio Grande do Sul, 2021, p. 258, grifo nosso).

Os documentos analisados dão a entender que promover currículos que podem ser considerados inovadores, em função da flexibilidade que é permitida à proposta de cada escola, é uma forma de incentivar o desenvolvimento de propostas que tragam novas possibilidades condizentes com os contextos locais, aos processos de ensino e aprendizagem. Para isso são apresentadas algumas diretrizes e orientações que envolvem a inovação. Em meio a esse contexto, surge - em documentos como o que considera sobre a Proposta do Ensino Médio Inovador (Brasil, 2009) - a interdisciplinaridade como uma poderosa ferramenta no ensino, além do estímulo ao protagonismo dos estudantes no seu processo de aprendizagem, com relação à tomada de atitudes criativas, cooperativas frente aos problemas do cotidiano, entre

outras abordagens que estão interligadas à inovação e que representam possíveis (re)formulações no trabalho docente, nas metodologias de ensino, no que é esperado como formação integral dos jovens (Brasil, 2018a; Brasil, 2009; Brasil, 2018b).

Esta subcategoria destaca a necessidade de produzir currículos inovadores e flexíveis que sejam capazes de respeitar por meio da diversidade de itinerários, a heterogeneidade dos estudantes, estimulando a criatividade, e considerando as condições, os objetivos e as aspirações de cada um, como pode ser visto no fragmento a seguir:

> Dificilmente, com qualquer modelo, o Ensino Médio cumprirá suas finalidades se não construir currículos **inovadores** e flexíveis que permitam itinerários diversificados aos alunos e que melhor respondam à heterogeneidade de suas condições, interesses e aspirações, com previsão de espaços e tempos para utilização aberta e criativa. Assim, considerando os quatro eixos estruturantes do currículo do Ensino Médio, por exemplo, os estabelecimentos de ensino podem conceber currículos que contemplem diversas ênfases, seja do ensino das ciências, seja das artes, ou dos códigos e linguagens ou da matemática (Brasil, 2009, p.12, grifo nosso).

A partir do fragmento acima, percebe-se que o intuito é proporcionar currículos dotados de inovações, capazes de promover melhorias na formação dos estudantes. A inovação nesse contexto é posta como elemento fundamental para o cumprimento das finalidades do Ensino Médio, que tem como compromisso central: a formação integral e de qualidade dos estudantes. O que inclui, segundo o Novo Ensino Médio:

> [...] dar continuidade ao aprofundamento das habilidades desenvolvidas no Ensino Fundamental e consolidar o processo a partir da Formação Geral Básica (FGB) para todas as redes. Nos Itinerários Formativos (IFs) os estudantes terão a oportunidade de escolher, de acordo com a realidade e a oferta das redes de ensino. As redes de ensino têm a autonomia de elaboração, construção e implementação dos Itinerários Formativos, a partir das demandas territoriais, afinadas com as vocações, com as necessidades socioeconômicas e com as matrizes produtivas, bem como com as potencialidades e perspectivas turísticas, culturais, ecológicas, de sustentabilidade, de **inovações** científicas, tecnológicas e de equidade social, sempre primando pela educação de formação integral (Rio Grande do Sul, 2021, p.23, grifo nosso).

Porém, cabe aqui destacar que a ideia de flexibilidade e introdução, bem como de apropriação de inovações, por si só, não garante melhores condições na educação. É preciso que haja maior atenção com relação a qualidade cognitiva das aprendizagens que estão sendo desenvolvidas, para isso é essencial aos sistemas de ensino fornecer condições de exercício da liberdade intelectual, crítica e reflexiva dos estudantes (Libâneo, 2004). É importante ressaltar ainda, que de acordo com o fragmento apresentado, o ato de contemplar uma formação integral, perpassa ainda por questões de articulação dos currículos escolares com a inovação científica, a qual

é produzida nos centros de pesquisa, mas que refletem importantes aplicações práticas na sociedade como um todo. E por essa e outras razões, o conhecimento científico deve ser inserido nas escolas por meio de um processo de mediação didática (Lopes, 1999; Lopes, 1997a).

Buscando um processo formativo mais completo, uma proposição apresentada com intuito de atender a construção da inovação curricular seria a multi e interdisciplinaridade, como maneira de integrar o mundo atual com a cultura, o trabalho, a Ciência e a Tecnologia com as áreas de conhecimento que devem ser trabalhadas no Ensino Médio. Como destacado no fragmento a seguir:

> A **inovação** curricular, em consequência, inclui componentes centrais obrigatórios, que são determinados pela LDB (com as várias alterações sofridas) e por outras leis[5], e componentes flexíveis e variáveis, que possibilitam, eletivamente, formatos e itinerários que atendem aos interesses e necessidade dos alunos. Ambos os tipos de componentes devem ter um desenvolvimento integrado, multi e interdisciplinar, organizados levando em consideração as dimensões estruturantes propostas (trabalho, ciência, tecnologia e cultura) e as áreas de conhecimento indicadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2009, p.12, grifo nosso).

No fragmento, acima mencionado, se explicita sobre a importância de propor e desenvolver uma proposta curricular inovadora, que seja flexível e integradora. No contexto da formação técnica e profissional, os currículos também devem assumir caráter de flexibilidade, interdisciplinaridade e contextualização em consonância com as escolas e as suas realidades locais. A proposta também está centrada sob a ótica da inovação, em relação à maior liberdade que é disponibilizada às escolas para construção de um currículo com itinerários baseados nas demandas e aspirações dos estudantes, como pode ser observado no seguinte fragmento:

> Flexibilidade, interdisciplinaridade e contextualização ligam-se diretamente ao grau de autonomia conquistado pela escola na concepção, elaboração, execução e avaliação do seu projeto pedagógico, fruto e instrumento de trabalho do conjunto dos seus agentes educacionais, de modo especial dos seus docentes. Estes princípios refletem-se na construção dos currículos em diferentes perspectivas, o que abre um horizonte de liberdade e, em contrapartida, de maior responsabilidade para a instituição educacional. Ao elaborar o seu plano de curso, tem a incumbência de planejar os correspondentes itinerários formativos, por eixos tecnológicos, os quais são básicos para a construção dos respectivos currículos, estruturados em função dos almejados perfis profissionais de conclusão, conciliando as aspirações e demandas dos sujeitos e da sociedade. Esta incumbência confere à instituição educacional maior agilidade na proposição, atualização e incorporação de **inovações**, correções de rumos e adaptações às mudanças, o que implica em assumir responsabilidade de organização administrativa e pedagógica de forma efetivamente interdisciplinar (Brasil, 2013, p.245, grifo nosso).

Segundo essas perspectivas, a incorporação de práticas inovadoras no currículo pode ocorrer também por meio do desenvolvimento da interdisciplinaridade (Brasil, 2013), que pode ser compreendida como a necessidade de articular e integrar a realidade concreta, histórica e cultural com questões que envolvem os processos de ensino e os conteúdos escolares de diversas áreas do conhecimento (Camillo; Graffunder; Sepel, 2021). A interdisciplinaridade pode representar um meio de romper com a fragmentação historicamente imposta pela compartimentalização dos conhecimentos, que costumam chegar dessa forma fragmentada até as escolas. Porém, a Ciência que envolve a vida cotidiana não se apresenta em partes separadas para os sujeitos, e para que eles possam utilizar dos conhecimentos construídos na formação básica, é importante pensar o ensino de uma forma interdisciplinar e contextual. Para que assim, o processo educativo tenha maior significado para os estudantes, e eles sejam sujeitos ativos na sociedade e atuantes na resolução de problemas reais (Thiesen, 2008).

Como aponta Lozano (2019), propostas curriculares que articulam o ensino de determinados conhecimentos que envolvem a Ciência e a Tecnologia, sob perspectivas que valorizam o debate sobre demandas sociais e englobam ainda, o meio ambiente, podem contribuir para reflexão de professores e estudantes, em função da formação de sujeitos políticos, aptos a tomada de decisão no contexto social. Sendo assim, é fundamental melhor conhecer e compreender sobre o percurso que a Ciência faz em função da inovação e em prol do atendimento à demandas sociais e ambientais, como a exemplo, do discutido no subcapitulo anterior (4.2), em que se aponta alguns temas como a formulação e aplicação de nanomateriais e catalisadores que podem ser menos agressivos a natureza, e até auxiliar na promoção de fontes de energia renovável, bem como, no tratamento de doenças graves que afligem os seres humanos. Em virtude disso, neste trabalho defendemos que esses estudos e conhecimentos inovadores sejam articulados ao contexto da escola básica, de maneira a integrar propostas e currículos escolares, que estejam de acordo com a realidade atual do mundo.

Além da preocupação com a interdisciplinaridade e a contextualização que é abordada nos documentos quando se discuti sobre formas de inovação curricular. As Diretrizes Curriculares Nacionais estabelecem que os currículos escolares - tidos

como uma forma de organização complexa, que deve levar em consideração desde a seleção de conhecimentos, até o contexto escolar de cada instituição - devem:

> IV - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação, por meio de atividades teóricas e práticas, provas orais e escritas, seminários, projetos e atividades online, autoria, resolução de problemas, diagnósticos em sala de aula, projetos de aprendizagem **inovadores** e atividades orientadas [...] (Brasil, 2018b, p.5, grifo nosso).

É fundamental que o currículo, visto como um percurso, um caminho ou uma forma de orientação flexível, explicite sobre maneiras de organização do ensino, que envolva reflexões destinadas a responder questões como o que, de que forma, por que e para quem ensinar. Sobre as formas metodológicas e de avaliação dos processos de ensino e aprendizagem e que contemplem projetos inovadores capazes de auxiliar na aprendizagem significativa dos estudantes (Pinheiro; Nascimento, 2018). Nesse caso, inovar está atrelado ao ato de ser capaz de formular e desenvolver projetos de aprendizagem com novos atributos, ou que sejam capazes de readequar o já existente (Brasil, 2018b). A inovação é empregada no sentido de provocar mudanças no currículo, o qual é um movimento de seleção, não apenas de conteúdos escolares, mas também, de identidades, de culturas. Por isso, é fundamental que se tenha consciência da forma reguladora que o currículo assume em função das relações de poder estabelecidas. E dessa maneira, que se busque romper com a homogeneidade, e se preze pela pluralidade cultural existe nas escolas, para isso é preciso desacreditar da neutralidade e das teorias tradicionais de currículo (Silva, 1999; Hornburg; Silva, 2007).

Esse movimento de mudanças que podem ser promovidas, busca configurar, assim, um novo paradigma educacional, que envolve projetos inovadores para os processos de ensino e aprendizagem. Como discutido na Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio, no Parecer nº 11/2009:

> O Programa proposto é, essencialmente, um incentivo à **inovação** pedagógica e pretende induzir a um novo paradigma educacional. Um novo paradigma, sem dúvida, deve propiciar ao aluno a capacidade de aprender, de pensar, de raciocinar, de realizar descobertas, de relacionar os conhecimentos entre si e deles com a sociedade e seus problemas. A escola, no entanto, defronta-se com aspectos críticos referentes ao currículo, que já podem ser considerados consensuais entre analistas educacionais, formuladores de políticas públicas, gestores, professores e alunos, entre os quais**:** a fragmentação do currículo, o tratamento escolar que considera o conhecimento como somatório enciclopédico de conteúdos, a desarticulação dos conhecimentos escolares e a dinâmica da vida social, e a sobrevalorização de alguns componentes em detrimento de outros (Brasil, 2009, p.13, grifo nosso).

Conforme indicado no fragmento, a inovação surge no sentido de promover práticas pedagógicas diversificadas, criativas e originais, rompendo assim com perspectivas mais tradicionais dos processos educacionais (os quais não se renovaram e assim, não acompanharam as mudanças sociais e escolares) que são bastante presentes até os dias atuais (Carbonell, 2002). Em que se percebe o ensino como um processo de transmissão de conhecimentos, completamente desarticulado dos contextos de vida social e cotidiana dos estudantes (Lopes, 1999). Todos esses problemas, evidenciados ao longo dos anos, demonstram uma crise na educação, que pode causar rupturas e provocar mudanças, as quais estão em consonância com a proposta de inovar. Nesse sentido, é importante romper com os padrões tradicionais de ensino e buscar pela elaboração de um novo paradigma educacional, que preze pelo ato da reflexão, da criticidade, do raciocínio frente aos desafios, do estudante como protagonista de seu aprendizado e descobertas (Brasil, 2009; Rossi, 2021).

Ainda nesse sentido, outro fragmento pode ser destacado das Diretrizes Curriculares Nacionais, o qual reitera que o Ensino Médio é direito de todos e dever do Estado e da família, visando a qualificação dos sujeitos para a cidadania e o trabalho, nesse sentido, as instituições devem ofertar esse ensino conforme a legislação que o regulamenta, sendo assim, o Ensino Médio em todas as suas modalidades deve seguir alguns princípios, tais como: “III - pesquisa como prática pedagógica para **inovação**, criação e construção de novos conhecimentos;” (Brasil, 2018b, p.2, grifo nosso). Dessa forma, e, corroborando com o que já foi exposto anteriormente, os currículos devem indicar maneiras de utilizar da pesquisa, como prática pedagógica voltada à atribuição de novidades, contribuindo de forma significativa para a construção e desenvolvimento de novos e inovadores conhecimentos (Brasil, 2018b), a exemplo daqueles que constituem a área da Química, alguns deles, abordados no subcapítulo 4.2, anteriormente apresentados. Esses inovadores conhecimentos podem envolver a produção de novos métodos, serviços e até produtos, ou representar o melhoramento destes que podem resultar em novos nanomateriais, novas estruturas químicas empregadas como catalisadores, em processos de armazenamento e conversão de energia, no tratamento de doenças, para inteligência artificial, entre outros.

Portanto, com relação ao que tange a inovação curricular nos documentos que regulamentam e normatizam o Ensino Médio, é fundamental planejar ações que

promovam a introdução de novos modelos educacionais, a partir da reflexão sobre a prática docente, do incentivo a formação continuada de professores, do desenvolvimento de novas metodologias de ensino, da disposição de novas infraestruturas físicas e de materiais pedagógicos que comportem e possibilitem o desenvolvimento dessas novas ideias. Dessa maneira, novos e criativos objetivos devem ser traçados ou reinventados com relação a formação dos estudantes, considerando a educação ambiental, intercultural, para igualdade de gênero, e outros (Libâneo, 2004). Isso se resume no fragmento a seguir, que relata de forma geral sobre a proposta de inovação curricular no Parecer nº 11/2009:

> É um programa específico para **inovações** curriculares, de forma articulada com os programas e ações já em desenvolvimento nos âmbitos federal e estadual, com linhas de ação que envolvem o fortalecimento da gestão dos sistemas e da gestão escolar; a melhoria das condições de trabalho docente e sua formação inicial e continuada; o apoio às práticas docentes; o desenvolvimento do protagonismo juvenil e o apoio ao aluno jovem e adulto trabalhador; a exigida infraestrutura física e correspondentes recursos pedagógicos; e a elaboração de pesquisas relativas ao Ensino Médio e à juventude. Em outras palavras, tem como objetivo a melhoria da qualidade do Ensino Médio nas escolas públicas, sinalizando para os seguintes impactos e transformações: - Superação das desigualdades de oportunidades educacionais; - Universalização do acesso e permanência dos adolescentes de 15 a 17 anos no Ensino Médio; - Consolidação da identidade desta etapa educacional, considerando a diversidade de sujeitos; - Oferta de aprendizagem significativa para jovens e adultos, reconhecimento e priorização da interlocução com as culturas juvenis (Brasil, 2009, p.3, grifo nosso).

Como já mencionado, todas essas mudanças que podem ser geradas por meio da introdução de inovações nos currículos, visam de modo geral, garantir melhorias na educação. Essas podem contribuir para superação das desigualdades educacionais, o que é tarefa bastante complexa, tendo em vista, as diversas dimensões que as desigualdades podem contemplar, como as dificuldades de acesso e permanência no Ensino Médio, as desigualdades relativas às condições de oferta de ensino, e de conhecimentos construídos ao longo da Educação Básica (Sampaio; Oliveira, 2015). Tudo isso, considerando e respeitando a diversidade dos sujeitos e a realidade dos jovens.

Portanto, nesta subcategoria, percebemos a referência à diferentes tipos de inovação, ela é apontada como o algo que é resultante do processo científico; além disso, como o ato de incorporar esses novos conhecimentos à pratica do ensino; o que também corresponde à essa inovação curricular que é destacada; e, como característica de uma aprendizagem que é desejada e pode ser resultante de um

processo de ensino. Ao pensar sobre a orientação de desenvolver ações de inovação no contexto escolar, a inovação pode estar vinculada à introdução ou reformulação de conceitos químicos ensinados no processo de ensino, bem como a sugestão de novas estratégias metodológicas ou ainda, projetos que poderão promover uma aprendizagem com caráter inovador, pontuando assim, novas maneiras de articular o currículo escolar como um todo.

Na segunda subcategoria, intitulada: **A inovação comentada nos documentos do Ensino Médio e as expectativas em relação a formação dos estudantes**, se descreve sobre o que consta nos documentos oficiais que fornecem diretrizes para o Ensino Médio, referente às competências e habilidades que se deseja desenvolver nos estudantes, a partir de uma formação que considera a perspectiva da inovação.

Nessa subcategoria, as unidades de significado apresentam semelhanças em função do sentido que a palavra inovação apresenta, dentro de um contexto que remete ao preparo e capacitação do estudante para lidar, utilizar, criar, produzir e implementar novidades que sejam dotadas de criatividade e originalidade. Como expressado no fragmento a seguir, em que inicialmente se faz uma relação com os currículos escolares, os quais devem inovar no desenvolvimento de programas educacionais de formação técnica e profissional. Isso com a finalidade de que os estudantes consigam gerar inovação, serem competitivos e produtivos levando em conta o mundo do trabalho, e o contexto contemporâneo:

> V – formação técnica e profissional: desenvolvimento de programas educacionais **inovadores** e atualizados que promovam efetivamente a qualificação profissional dos estudantes para o mundo do trabalho, objetivando sua habilitação profissional tanto para o desenvolvimento de vida e carreira quanto para adaptar-se às novas condições ocupacionais e às exigências do mundo do trabalho contemporâneo e suas contínuas transformações, em condições de competitividade, produtividade e **inovação**, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino (Resolução CNE/CEB nº 3/2018, Art. 12) (Brasil, 2018a, p.478, grifo nosso).

A inovação em meio a essa conjuntura, pode representar um dos fatores que mais interfere no desenvolvimento social e econômico de um país. Por essa razão ela é tão significativa para o mercado de trabalho, podendo interferir diretamente no desenvolvimento sustentável, na geração de empregos e renda, e dessa maneira contribuindo para a igualdade de oportunidades. No trecho destacado acima, fica evidente o caráter da inovação em função do ato de atender demandas, essa é uma

das faces que envolve o inovar, o de gerar conhecimento a fim de desenvolver novos produtos, serviços ou processos, atribuindo novas funcionalidades que satisfaçam o mercado (Mota, 2011).

Ainda corroborando com a perspectiva de que o Ensino Médio deve preparar os estudantes para a vida, o que inclui o seu desenvolvimento, como protagonistas no meio social, no mercado de trabalho e assim, na produção de inovação. As Diretrizes Curriculares Nacionais estabelecem que as propostas curriculares devem - garantir o desenvolvimento das competências gerais e específicas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC); bem como garantir ações que promovam:

> cultura e linguagens digitais, pensamento computacional, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes, das tecnologias da informação, da matemática, bem como a possibilidade de protagonismo dos estudantes para a autoria e produção de **inovação**; (Brasil, 2018b, p.5, grifo nosso).

Além disso, o Referencial Curricular Gaúcho também traz apontamentos que consideram sobre a relevância de estimular a capacidade dos estudantes em relação a criação de soluções inovadoras para desafios e problemas encontrados na vida cotidiana, como: “Questionar, modificar e adaptar ideias existentes e criar propostas, obras ou soluções criativas, originais ou **inovadoras**, avaliando e assumindo riscos para lidar com as incertezas e colocá-las em prática” (Rio Grande do Sul, 2021, p.208, grifo nosso); “Propor e testar soluções éticas, estéticas, criativas e **inovadoras** para problemas reais [...]” (Rio Grande do Sul, 2021, p.211, grifo nosso); “Utilizar esses conhecimentos e habilidades em processos de criação e produção voltados à expressão criativa e/ou à construção de soluções **inovadoras** para problemas identificados na sociedade e no mundo do trabalho.” (Rio Grande do Sul, 2021, p.266, grifo nosso).

De acordo com os fragmentos acima, os estudantes devem ser capazes de produzir a inovação, ou seja, podemos entender que eles devem desenvolver a capacidade de pensar, formular e produzir novidades, que possam promover e contribuir com melhorias para a sociedade (Brasil, 2018b; Rio Grande do Sul, 2021). Essa visão de inovação na educação que se deseja fomentar pode ser associada ao desenvolvimento de Tecnologia Social (TS), uma vertente que preza pelo desenvolvimento e progresso social por meio do atendimento de demandas advindas da comunidade, dessa maneira, as práticas capazes de transformar a sociedade, seriam originadas através da própria comunidade (Duque; Valadão, 2017). Nesse sentido, também, o empreendedorismo, que deve ser fomentado pelos itinerários

formativos, está articulado a proposição, gestão e desenvolvimento de inovação por parte dos estudantes, como descrito nos seguintes fragmentos:

> Os itinerários devem garantir a apropriação de procedimentos cognitivos e o uso de metodologias que favoreçam o protagonismo juvenil, e organizar-se em torno de um ou mais dos seguintes eixos estruturantes: IV – empreendedorismo: supõe a mobilização de conhecimentos de diferentes áreas para a formação de organizações com variadas missões voltadas ao desenvolvimento de produtos ou prestação de serviços **inovadores** com o uso das tecnologias (Resolução CNE/CEB nº 3/2018, Art. 12, § 2º) (Brasil, 2018a, p.479; Brasil, 2018b, p.7; Rio Grande do Sul, 2021, p. 263, grifo nosso).
>
> Fundamentos de empreendedorismo, cooperativismo, tecnologia da informação, legislação trabalhista, ética profissional, gestão ambiental, segurança do trabalho, gestão da **inovação** e iniciação científica, gestão de pessoas e gestão da qualidade social e ambiental do trabalho [...] (Brasil, 2013, p. 257, grifo nosso).

A partir dos fragmentos destacados, pode-se perceber que a inovação assume, em meio a esse contexto, um significado de atribuir mudanças, transformar o que já era estabelecido e assim promover novidades. Segundo Morés (2018, p. 3) a evolução científica e tecnológica causa mudanças que se refletem em âmbito educacional e contribuem para inovação: “exigindo a produção de novos conhecimentos e saberes, em busca de proposições que atendam as necessidade e demandas dos novos tempos e cenários”, essas mudanças e transformações são utópicas, mas se almeja que sejam acompanhadas pela escola, para que os estudantes possam saber lidar, gerenciar e utilizar dos seus conhecimentos para produzir novidades, novos produtos ou tendências e seguir assim, o ciclo das modificações em busca de mais inovações (Morés, 2018).

Os fragmentos acima assumem o significado de inovação como produto final, ou seja, como o que se deseja que os estudantes possam construir e desenvolver, por meio da utilização de suas competências e habilidades. Em outras situações, a inovação também assume um significado de instrumento, ferramenta, de processo, caminho a ser seguido com a finalidade de chegar a um produto final. Como observado nos fragmentos a seguir: “I – a ampliação da visão política expressa por meio de habilidades **inovadoras**, fundamentadas na capacidade para aplicar técnicas e tecnologias orientadas pela ética e pela estética” (Brasil, 2013, p. 152, grifo nosso). Neste fragmento, inovação surge como uma característica desejada para habilidades que o estudante deve utilizar.

Também se pode perceber, através do seguinte trecho destacado, que se deixa evidente a importância de “estimular atitudes cooperativas e propositivas para o

enfrentamento dos desafios da comunidade, do mundo do trabalho e da sociedade em geral, alicerçadas no conhecimento e na **inovação**." (Brasil, 2018a, p.465; Rio Grande do Sul, 2021, p. 59, grifo nosso), em que inovação é empregada juntamente com o conhecimento, como um alicerce capaz de auxiliar nas vivências do cotidiano. Essa questão se refere ao promover o impulso social, garantindo uma maior inclusão dos sujeitos no momento de propor soluções aos desafios vivenciados na vida da população, sendo uma forma de estimular e desenvolver a participação dos mesmos, e direcionar a produção científica ao encontro das legitimas demandas oriundas da comunidade; demonstrando assim, que deste meio também é possível e desejável que se produza e/ou oriente a Ciência, sendo que a sociedade pode então, saber lidar e gerir a inovação, o que pode ser considerado através do avanço nas premissas que regem a construção da Tecnologia Social (Duque; Valadão, 2017).

Nessa perspectiva, a inovação pode ser assumida como um percurso caracterizada principalmente pelo objetivo de agregar valor, aumentar a eficiência e/ou qualidade de algo, não tendo o intuito central de propiciar lucro, mas sim melhorias com e na comunidade. Sendo assim, o ato de inovar em prol de um produto final, ou da elaboração de uma técnica avançada, pode ser associado ao processo de criar e utilizar de uma estratégia diferenciada para a construção de um determinado produto, serviço, método que possua qualidade elevada e possa ser empregado, criado ou gerido pela sociedade ou que nela se reflita (Tavares, 2019).

Também se discute sobre a importante habilidade que os estudantes do Ensino Médio, de todas as modalidades, devem desenvolver, conseguir compreender as implicações causadas pela inovação tecnológica:

> Trata-se de uma formação para o trabalho cada vez mais complexo, sem ignorar as **inovações** tecnológicas, mas fazendo a sua crítica (e superação) desde o princípio de que as tecnologias que interessam são as que efetivamente se constituem como forças de valorização e preservação da vida. (Brasil, 2013, p.226, grifo nosso).

Considerando o descrito no fragmento acima, deseja-se que os estudantes possam compreender criticamente sobre os impactos causados pela inovação, como a exemplo dos que estão relacionados ao âmbito tecnológico. Nesse sentido, uma possível proposição seria, articular a Química escolar novas e/ou recentes discussões da Ciência, da produção de novos materiais que impactam a sociedade, como o que foi evidenciado no subcapítulo anterior (4.2), em que por exemplo, Li e colaboradores (2018) relatam sobre a utilização de determinadas estruturas organometálicas como

estruturas químicas capazes de realizar a adsorção de metais tóxicos e resíduos radioativos, o que vem sendo bastante estudado recentemente, e que pode implicar em novos métodos para despoluição e preservação ambiental. Bem como o descrito no estudo de Schutyser e colaboradores (2018), em que se comenta sobre o fracionamento, a despolimerização e o aprimoramento de lignina. Esses três aspectos interconectados da biorrefinaria podem resultar em diversas inovações, contribuindo para a sustentabilidade, sem maiores prejuízos ao setor econômico industrial. Compreender sobre esses aspectos da inovação e no que ela implica na sociedade, pode contribuir na formação de um conhecimento sistematizado em Química, auxiliando no senso crítico e reflexivo dos estudantes, que irão atuar na sociedade de forma ativa, coerente e responsável, como observado no trecho a seguir:

> Atualmente, as transformações na sociedade são grandes, especialmente em razão do uso de novas tecnologias. Observamos transformações nas formas de participação dos trabalhadores nos diversos setores da produção, a diversificação das relações de trabalho, a oscilação nas taxas de ocupação, emprego e desemprego, o uso do trabalho intermitente, a desconcentração dos locais de trabalho, e o aumento global da riqueza, suas diferentes formas de concentração e distribuição, e seus efeitos sobre as desigualdades sociais. Há hoje mais espaço para o empreendedorismo individual, em todas as classes sociais, e cresce a importância da educação financeira e da compreensão do sistema monetário contemporâneo nacional e mundial, imprescindíveis para uma inserção crítica e consciente no mundo atual. Diante desse cenário, impõem-se novos desafios às Ciências Humanas, incluindo a compreensão dos impactos das **inovações** tecnológicas nas relações de produção, trabalho e consumo (Brasil, 2018a, p.568, grifo nosso).

A inovação está muito atrelada ao desenvolvimento científico e tecnológico pois a o avanço de ambos representa uma força motriz que promove a geração de novos produtos, o que significa a produção de inovação (Morés, 2014). Afinal, a invenção ou elaboração de um novo produto ou método tecnologicamente novo ou reformulado, significa o emprego do conhecimento científico e tecnológico em prol da inovação como forma de promover transformações. Sendo assim, a compreensão e o domínio sobre as inovações tecnológicas e suas implicações, representam peça chave para o desenvolvimento da sociedade, de empresas, indústrias e do país (Morés, 2018; Moura, 2000). Além disso, é fundamental uma maior compreensão sobre os aspectos que envolvem a inovação científica e tecnológica, o que está relacionado a uma educação em Ciência, que permite a formação de sujeitos mais informados e críticos. E para promover essa formação integral, é preciso discutir sobre os conhecimentos em si, bem como sobre a produção desses conhecimentos e suas relações com a sociedade (Paixão; Cachapuz, 2003).

Na terceira subcategoria intitulada: **A inovação educacional relacionada a metodologias e o trabalho docente**, destacam-se algumas das unidades de significado que mencionam sobre o que os documentos examinados descrevem como ferramentas, metodologias, discussões importantes e o estímulo a formação inicial e continuada dos docentes. Além de reiterar sobre uma reformulação de metas e objetivos em relação aos processos de ensino e aprendizagem.

Em um primeiro fragmento destacado, percebe-se um maior interesse em estimular o desenvolvimento de metodologias que não fiquem prezas as estratégias mais tradicionais de ensino, que possam valorizar a autonomia e tomada de atitude dos estudantes, os colocando como protagonistas de suas aprendizagens:

> Nessa perspectiva, são também importantes **metodologias de ensino inovadoras**, distintas das que se encontram nas salas de aula mais tradicionais e que, ao contrário dessas, ofereçam ao estudante a oportunidade de uma atuação ativa, interessada e comprometida no processo de aprender, que incluam não só conhecimentos, mas, também, sua contextualização, experimentação, vivências e convivência em tempos e espaços escolares e extraescolares, mediante aulas e situações diversas, inclusive nos campos da cultura, do esporte e do lazer (Brasil, 2013, p.180, grifo nosso).

Além disso, é descrito sobre a necessidade de priorizar a contextualização dos conhecimentos, bem como considerar as vivências e experiências dos estudantes. Utilizar de ferramentas educacionais inovadoras, que estejam em consonância com o mundo atual e que permitam um melhoramento na qualidade da educação.

> [...] utilizar **ferramentas e tecnologias educacionais inovadoras**, atualizadas, alinhadas com o mundo do trabalho e de forma contextualizada ao longo do processo educacional, visando ao aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem (Brasil, 2013, p. 250, grifos nossos).

A utilização de metodologias, ferramentas e tecnologias educacionais inovadoras, pode representar a abordagem de temas do cotidiano, sobre a construção do conhecimento (Caruso; Marques, 2021), a utilização de experimentação (Leal; Mortimer, 2008), abordagens que articulam o enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (Santos, 2007), a interdisciplinaridade como forma de organização dos conhecimentos (Mota; Scott, 2013), a utilização de metodologias ativas em que o estudante seja o centro de sua aprendizagem; sem necessariamente ter de descartar completamente abordagens mais tradicionais no contexto educacional e que sejam benéficas aos processos de ensino e aprendizagem. O importante é buscar meios de romper com a concepção de conhecimento fragmentado, excessivo e irrelevante em função da sua descontextualização (Carbonell, 2002). Além disso, segundo Carbonell

(2002), a utilização de ferramentas e novas tecnologias requer uma relação de maior interação e cooperação entre professores e estudantes, permitindo o compartilhamento de saberes, o que possibilita o desenvolvimento de novas perspectivas críticas sobre o conhecimento.

A etapa do Ensino Médio deve prezar por discussões e temas que além de contextuais, envolvam a contemporaneidade, remetendo a problemas reais que circundam a sociedade. Questões que possam gerar debates em função das inovações científicas e tecnológicas que se desenvolvem recentemente no mundo, e que irão de alguma forma afetar na vida dos sujeitos, como nos exemplos do fragmento a seguir:

> Discussões sobre as **tecnologias** relacionadas à geração de energia elétrica (tanto as tradicionais quanto as mais **inovadoras**) e ao uso de combustíveis, por exemplo, possibilitam aos estudantes analisar os diferentes modos de vida das populações humanas e a dependência desses fatores. Na mesma direção, explorar como os avanços **científicos** e **tecnológicos** estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a **sociedade**. Também a utilização atual de aparelhos elétricos e eletrônicos traz questões para além dos seus princípios de funcionamento, como os possíveis danos à saúde por eles causados ou a contaminação dos recursos naturais pelo seu descarte (Brasil, 2018a, p. 558, grifos nossos).

Por isso, é fundamental que as inovações que resultam em aplicações práticas e muitas vezes, até controversas oriundas do conhecimento científico, possam se inter-relacionar com o conhecimento escolar, para que a partir do processo de didatização do conhecimento científico inovador, os docentes consigam auxiliar no desenvolvimento do raciocínio, da criticidade dos estudantes. E assim contribuir para uma formação cidadã, de protagonismo juvenil mediante questões sociais. Afinal, o conhecimento científico é um empreendimento humano, portanto, sofre interferência da cultura e da sociedade e acaba por interferir nesse âmbito também, em virtude disso, a discussão sobre temas inovadores da Ciência se torna indissociável do contexto social (Libâneo, 2004; McComas, 2007). Essa perspectiva pode ser expressa através de abordagens com enfoque CTS (como melhor explicada a proposta no capítulo 2, subcapítulo 2.5), que visa uma educação integral, que contempla aspectos científicos, tecnológicos por meio de discussões que permeiam questões sociais (Santos, 2007).

Uma proposta de Ensino Médio Inovador, também deve promover além do incentivo, meios que de fato possibilitem a formação inicial e continuada dos docentes,

o que deveria ocorrer dentro das escolas, para que fosse possível a reflexão em conjunto e a construção de uma práxis pedagógica. Como pode ser observado no fragmento que segue, o qual chama a atenção para o cuidado com a formação de professores, sendo eles sujeitos que participam da construção curricular:

> Quanto aos **professores**, tantas vezes já foi assinalado o distanciamento ou mesmo a inadequação da sua formação inicial, a qual não capacita seus licenciandos para uma **docência integradora** e **interdisciplinar**, como orientada por este Conselho nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a **Formação de Professores** da Educação Básica, incluindo as normas recentemente definidas pela Resolução CNE/CP nº 1/2009, fundamentada no Parecer CNE/CP nº 8/2008. Daí resulta que devem merecer **atenção redobrada** visando à **inovação curricular** do Ensino Médio, pois uma nova forma de organização curricular implica uma nova forma de trabalhar o processo ensino-aprendizagem e, sobretudo, uma profunda **mudança na formação dos professores**. Além da formação inicial, sua formação continuada tem de ser assegurada, no próprio local de trabalho, para que possam refletir coletivamente sobre suas práticas pedagógicas e trocar experiências. É preciso assegurar que possa acontecer a práxis pedagógica no contexto escolar, em contraposição ao mero treinamento dos professores (Brasil, 2009, p.18, grifos nossos).

Todavia, é importante mencionar que o tema da inovação no ensino básico - que perpassa por questões de currículo e que para sua implementação de fato, precisa estar articulada a formação inicial e continuada de professores, tendo em vista, que eles são uma parte fundamental no processo de desenvolvimento e implementação das propostas inovadoras - não é uma articulação simples e direta de se fazer, em função das descontinuidades dos projetos, uma característica forte das políticas educacionais do país (Garcia, 2009). Vale destacar, ainda, que tanto a formação continuada de professores, quanto o preparo dos docentes para trabalhar com uma perspectiva de currículo inovador, demanda espaço e tempo para repensar práticas pedagógicas, o que pode gerar a sobrecarga desses profissionais que já costumam cumprir duplas ou até triplas jornadas (Garcia, 2009).

Ainda assim, os documentos examinados indicam a buscar pela inovação pedagógica, o que implica repensar metas, objetivos, metodologias. Tudo isso em busca de proporcionar uma formação mais crítica e reflexiva para os estudantes.

> Além disso, o desafio da interdisciplinaridade se coloca com urgência nas práticas docentes. A escola contemporânea deve acompanhar as profundas transformações pelas quais passa a sociedade. Neste momento histórico, em que a velocidade das informações e conhecimentos imprime o nosso agir social, professores e professoras devem ser capazes de **inovar** e renovar metas, objetivos e metodologias. O trabalho pedagógico deve ajudar as juventudes na sistematização das muitas e variadas informações com as quais se confrontam, para que se transformem em conhecimento e favoreçam práticas protagonistas e formação de sujeitos críticos, participativos, capazes

> de pensar o mundo e de agir nele com argumentação e comunicação dialógica (Rio Grande do Sul, 2021, p. 120, grifo nosso).

O processo de inovar nesse contexto, consiste em parte no ato de repensar a prática docente, o ensino que é ofertado, o futuro cidadão que é formado para ser atuante na sociedade. Ao realizar esse movimento de reflexão e reconstrução, abandonam-se certas referências, o que gera incertezas. Ou seja, o processo de inovação não é simples e fácil e, muitas vezes, causa resistência por parte de alguns docentes. O caráter flexível da inovação (que pode assumir diferentes significados), e que está nesse caso, atrelado a reflexão sobre a própria prática, pode despertar diferentes opiniões e atitudes nos professores, onde alguns irão aceitar e aderir mais facilmente as ideias e outros não (Garcia, 2009).

Para que o processo da inovação seja de fato benéfico e não caia em um discurso de padronização, e assim possa representar uma boa alternativa às melhorias na qualidade da educação, contando com uma maior aceitação por parte dos docentes, é imprescindível que ocorra uma maior valorização da profissão, que haja melhores condições de trabalho e remuneração. Afinal, é sabido que existe uma grande dificuldade em relação a reflexão da própria prática, bem como sobre a atualização dos processos de ensino, em função das inegáveis más condições de trabalho docentes (Benedicto; Silva, 2018).

Por fim, a terceira e última categoria que emergiu desse processo de análise – **A utilização da palavra inovação como forma de designar as mudanças na legislação do Ensino Médio**. Na categoria, agrupou-se as unidades de significado que tinham em comum a utilização da palavra inovação como forma de demonstrar transformações ocorridas nos documentos examinados. Todos esses empregos do termo “inova” e seus derivados observados possuíam o mesmo sentido, de destacar alguma atribuição nova para uma determinada legislação. Como pode ser visto em alguns dos fragmentos destacados a seguir:

> Em 2003, foi editado o Decreto nº 4.887, simbolicamente no dia 20 de novembro (Dia Nacional da Consciência Negra), na Serra da Barriga, em União dos Palmares, AL, sede do Quilombo dos Palmares. Esse Decreto apresenta um novo caráter fundiário, dando ênfase à cultura, à memória, à história e à territorialidade, uma **inovação** no Brasil que é o reconhecimento do direito étnico (Brasil, 2013, p.224, grifo nosso);
> Uma das **inovações** da lei foi a instituição dos sistemas municipais de ensino (artigo 8ª), a serem organizados "em regime de colaboração com os demais sistemas (União e Estados)". Entende-se, contudo, que haverá de decorrer tempo indispensável para que tais sistemas se organizem adequadamente, em relação aos municípios que optem por se estruturarem segundo o dispositivo indicado, uma vez que é também admitida a integração do

> município ao sistema estadual correspondente, como admite o artigo 11, parágrafo único. Aos municípios que se decidirem pela organização assegurada no artigo 8°, caberá o desencadeamento de uma série de medidas legislativas, à luz das respectivas leis orgânicas e de outras leis municipais complementares específicas (Brasil, 1997a, p.1, grifo nosso).
>
> Na busca constante da qualificação como mola propulsora para sanar desigualdades sociais, o Ensino Médio propicia arranjos curriculares entre modalidades: a educação presencial junta-se com a EaD. Nesse sentido, a Resolução nº. 3/2018 **inova** ao trazer a possibilidade de que atividades realizadas a distância possam contemplar até 20% (vinte por cento) da carga horária total do estudante do Ensino Médio diurno e até 30% (trinta por cento) da carga horária total do estudante do Ensino Médio noturno (Rio Grande do Sul, 2021, p. 254, grifo nosso).

Em meio a esse contexto, inovação é empregada com o sentido de atribuir novas perspectivas legais à educação do Ensino Médio. Talvez um dos motivos que a levam a ser tão utilizada como designo de mudanças nos documentos oficiais, seja em função da sua correlação com algo positivo. Isso porque inovação remete à modernização, embora essas palavras possuam distintos significados. Ainda assim, a inovação possui um caráter sedutor, ao ponto em que relaciona o desejo de mudanças e o desenvolvimento da criatividade e da originalidade. Fato é que, a inovação, no sentido empregado nos fragmentos acima, denota um conjunto de intervenções, decisões intencionais e sistematizadas com o intuito de promover modificações legais, sejam elas processos que irão incorrer em produtos, ou mesmo, sendo o próprio resultado (produto) gerado por meio dessas modificações (Garcia, 2009).

Por fim, vale destacar que quando se trata da LDB 9.394/96, lei que estabelece sobre as diretrizes e bases para a educação nacional, a 4ª edição feita pelo Senado Federal e que contempla as atualizações realizadas até abril de 2020, não foi encontrada nenhuma palavra referente a “inova” e suas derivações. Isso também se observou no Parecer n° 8/2012 sobre a Análise do Projeto de Lei nº 3.153/2012, de emenda à Lei 9.394/96 (LDB) e nas Matrizes de Referência para o ano letivo de 2022 do estado do Rio Grande do Sul.

Diante do exposto, fica evidente a contribuição dessa investigação de modo a elucidar as diferentes perspectivas do tema inovação contido nos documentos que regulamentam e orientam o Ensino Médio. De um modo bastante abrangente, assume-se que inovação pode ser entendida como uma espécie de processo e/ou produto que conta com a criatividade e originalidade para promover mudanças no contexto educacional. Essas transformações inovadoras têm como característica em comum: a intencionalidade de promover melhorias. Melhorias para que(m)? com qual projeto de escola, de Educação? Isso não ocorre unicamente pelo ato da invenção,

da criação de algo novo, mas também, por meio da readequação, da adaptação, e até da substituição de produtos, serviços, métodos, processos. A inovação no contexto educacional pode ser entendida como um processo inacabado, em que mais importante do que o desenvolvimento do produto ou método em si, é a constante necessidade em inovar (Garcia, 2009). Inovar por quê? Inovar com quais objetivos? Seriam objetivos esses que visam exclusivamente o ganho de qualidade na educação? Ou ainda, o uso da temática da inovação busca disfarçar realidades incomodas presentes no sistema educacional, por meio da utilização de uma palavra que remete a mudanças positivas?

Na investigação em questão, emergiram três categorias de análise, a primeira relacionada ao conceito de inovação; a segunda referente as perspectivas de inovações curriculares, que contemplam as propostas que envolvem inovação e o currículo do Ensino Médio, as expectativas em relação a formação dos estudantes e a inovação, e ainda, sobre metodologias e o trabalho docente (o que originou três subcategorias); e por fim, a terceira e última categoria, que faz um apanhado geral sobre a utilização da palavra inovação como maneira de indicar mudanças ocorridas na legislação.

O ato de inovar na educação, surge como um processo fundamental para atingir os objetivos que se têm para o Ensino Médio, tendo em vista, os avanços tecnológicos e científicos que cercam a sociedade e as juventudes (Brasil, 2009; Brasil, 2018a). A partir dessa premissa, a inovação poderia contribuir de fato para promover melhorias nos processos de ensino e aprendizagem, por meio de uma maior flexibilização fornecida às instituições escolares, que podem se utilizar desse artificio para orientar suas ações de acordo com o contexto local (Brasil, 2018a); além disso, reiterando sempre que propostas inovadoras devem contemplar metodologias diversificadas, a interdisciplinaridade e contextualização como forma de organização curricular; bem como o respeito a diversidade e pluralidade cultural (Brasil, 2009).

É importante destacar que os documentos analisados estabelecem regulamentações e orientam ações que instituem em parte, sobre a inovação no contexto da educação. Porém, ainda que muitas diretrizes sejam direcionadas ao ato de enaltecer a flexibilidade fornecidas às escolas para construção de seus itinerários formativos, de acordo com o Novo Ensino Médio, o que possibilita uma certa adequação de cada proposta ao seu contexto local, deve-se compreender que o

currículo possui um caráter regulatório, ao realizar seleções, não apenas de conteúdos, mas também de metodologias, de culturas (Brasil, 2018a, Tavares, 2019). E dessa forma, a inovação em âmbito educacional possui um caráter reformista e, por isso, ela pode incorrer em um movimento regulatório, quando se apresenta sob um discurso normativo e dotado de autoridade, em que se busca a padronização, o controle por meio de mecanismos inovadores. Ou ainda, a inovação na educação, pode assumir um caráter emancipatório, o que ocorre quando se supera, se extrapola as simples indicações técnicas, de formulários, parâmetros, e se segue pelo caminho da adaptação do novo ao contexto local, em que de fato se leva em conta a diversidade e a preocupação com melhores formas de ensino e aprendizado (Tavares, 2019).

A inovação, portanto, não deve servir apenas para legitimar propostas já ultrapassadas ou que ainda não puderam de fato ser desenvolvidas de acordo com a sua proposta (Garcia, 2009). Os fatores que historicamente dificultam o desenvolvimento de projetos inovadores, estão relacionados a cultura escolar, que muito é centrada na utilização de livros didáticos, por uma formação inicial pouco crítica, e a falta de sinergia e articulação entre os governos, as escolas e os professores nos momentos decisórios (Leal; Mortimer, 2008). Nesse sentido, talvez o que faça a diferença, seja não ir contra as mudanças que surgem impulsionadas pela inovação educacional, buscando maneiras de preveni-las - até porque, o conhecimento não deixa de evoluir constantemente - mas sim, buscar por meio da democracia o enfrentamento das dificuldades de um modo criativo e benéfico (Carbonell, 2002), como a seguir mencionado:

> A inovação educativa, como qualquer atividade laborativa e humana, está cheia de contradições, dilemas ou antinomias. Sempre nos vemos diante de conceitos e princípios contrapostos: liberdade e igualdade; certeza e incerteza; realidade e utopia; autonomia e controle; risco e segurança; individualidade e coletividade, entre muitos outros. Essa estrutura antinômica não constitui em absoluto um obstáculo e um freio a inovação, muito pelo contrário: sua abordagem obriga à reflexão, sobretudo quando ocorre na vida escolar e alimenta e dinamiza qualquer processo inovador (Carbonell, 2002, p. 39).

Portanto, o caminho da inovação pode ser percorrido se houver condições adequadas de infraestrutura que possibilitem tal ação, vontade efetiva de promover mudanças que envolvam a reflexão, a criatividade, e a originalidade, e o verdadeiro interesse em ser capaz de contribuir para uma formação integral, voltada principalmente para a conscientização social e política dos sujeitos. Ainda assim, o

processo de inovar não é algo simples e fácil de ser feito, mas pode auxiliar na promoção de novas atribuições e perspectivas educacionais que se fazem importantes atualmente.

No próximo capítulo (5) serão apresentados os resultados posteriores à essa parte inicial da presente investigação. Ou seja, após melhor compreender sobre o que pode ser considerado inovação em Química, por meio da busca por temas discutidos na área, bem como ao compreender sobre o que dizem os documentos legais sobre como perspectivas inovadoras para o Ensino Médio, centra-se na análise sobre efeitos e percepções da abordagem de temas inovadores na Educação Básica, a partir do acompanhamento de dois contextos: o Pibid/Química; e a disciplina de Interação Universidade-Escola. A pesquisa acompanhou o desenvolvimento de possibilidades de abordagem de temáticas inovadoras no contexto da escola básica, buscando compreender se esse processo de mediação didática (de didatização) é viável, como poderia ocorrer, e as principais dificuldades e potencialidades da articulação entre diferentes conhecimentos e contextos.

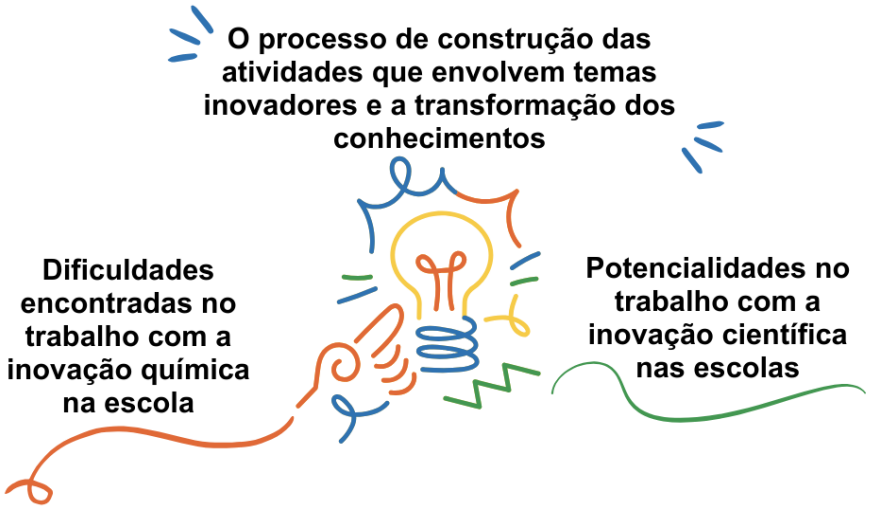
5 ANÁLISE DE ATIVIDADES COM TEMAS INOVADORES DA QUÍMICA NO CONTEXTO ESCOLAR

Nesta seção, serão apresentados e discutidos resultados da segunda fase de construção desta tese de doutorado. É importante relembrar que a pesquisa foi elaborada com caráter de pesquisa participante (Lüdke; André, 1986), ao ponto em que a pesquisadora passa a participar de forma ativa de dois contextos em que se desenvolveram os estudos: o PIBID – Química da UFPel, e a disciplina de Interação Universidade-Escola, vinculados ao curso de Licenciatura em Química da UFPel. Ambos os contextos acompanhados representam importantes meios possíveis de inserir novas discussões ao contexto escolar, tornando viável, dessa forma, o trabalho com a inovação, tendo em vista o seu caráter de ensino e, principalmente, de extensão. Afinal, a extensão universitária pode ser espaço propício para estimular a troca de informações, de demandas, e o compartilhamento de conhecimentos novos e inovadores (Bachmann, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

Conforme melhor explicado no capítulo 3 (detalhado no subcapítulo 3.3, a partir do *corpus* de pesquisa, analisados via ATD - Análise Textual Discursiva (Moraes; Galiazzi, 2016), com o intuito de buscar maiores compreensões sobre os fenômenos investigados. Dessa maneira, para a ATD se considerou fragmentos representativos oriundos de falas e escritas de professores e licenciandos envolvidos na orientação e construção das atividades realizadas no contexto escolar.

A análise fez emergir três categorias, as quais perpassam: i) sobre o desenvolvimento do trabalho com a inovação nas escolas, as etapas de construção desse processo e o que é fundamental para seu desenvolvimento; ii) sobre as dificuldades; e iii) sobre as potencialidades vislumbradas do trabalho com a inovação Química na escola básica. A Figura 11 ilustra as três categorias para, na sequência, fazer uma breve apresentação e nos subcapítulos 5.1, 5.2 e 5.3 a sua comunicação pormenorizada.

Figura 11 - Categorias que emergiram da análise dos dois contextos investigados



Fonte: Autoria própria.

A primeira das categorias, intitulada: ***O processo de construção e desenvolvimento de atividades com temas inovadores de Química e a transformação dos conhecimentos*** – descreve sobre o processo de construção das atividades nos contextos acompanhados, produto da inter-relação entre o contexto da universidade e das escolas, e que envolveu o processo de mediação didática (a didatização) de temas inovadores para o contexto escolar, e sobre a maneira como se organizou as atividades de ensino do conhecimento oriundo da Ciência/Química, assumindo características de um conhecimento ensinável para o ensino médio.

Nesse sentido, esta categoria é a mais densa em função de contemplar os resultados observados decorrentes do processo, ao mesmo tempo em que destaca o que foi observado, busca delimitar sobre etapas que discorreram da análise sobre o desenvolvimento das atividades. Ao mesmo tempo, como produto da análise, ela pode servir de base para orientar sobre um caminho possível de construção do trabalho com a inovação. Tanto a partir de uma sequência estabelecida, quanto da defesa do que deveria ser considerado como fundamental para a sua realização adequada e mais facilitada, ao contexto escolar, a partir dos contextos acompanhados pela e na pesquisa.

A categoria demonstra a forma como é compreendida a inovação por docentes e futuros docentes, bem como sobre a importância de compreender sobre a inovação trabalhada, e do auxílio de especialistas na área. Ainda, discorre sobre a possiblidade de agregar qualidade ao trabalho com a inovação na escola, por meio do

reconhecimento das demandas e do público que se deseja atender, destacando a possível colaboração de professores da escola básica, ao considerar, também, o auxílio de professores formadores, por meio de suas orientações a esse trabalho, em função de seus conhecimentos com relação aos processos de ensino e aprendizagem e suas formas de abordagem. Isso tudo leva a construção de uma teoria, que reflete a necessidade da construção e da manutenção de uma rede de apoio entre pesquisadores (especialistas em áreas específicas do conhecimento químico que circundam e balizam a inovação), professores atuantes na escola básica (os quais são conhecedores da realidade escolar, podendo assim, contribuir com as demandas e o contexto real dos estudantes), e os professores formadores (que podem auxiliar nessa ponte que visa a articulação), na negociação entre os contextos anteriormente descritos e seus conhecimentos, na articulação entre a universidade e a escola.

Ao entender e estabelecer sobre um conceito de inovação, ao tomar maior conhecimento sobre a Química que envolve o estudo e desenvolvimento de uma inovação e os processos de ensino possíveis, com relação a abordagem dessa inovação na escola, emergiu um próximo passo que diz respeito ao ato de traçar objetivos centrais, necessários e claros sobre o que se deseja alcançar no trabalho com questões de inovação. Em uma possível sequência, indicada como teoria, que representa uma possibilidade de trabalho com inovações Químicas no Ensino Médio. Ou seja, surge a etapa de encontrar o ponto ideal de convergência, entre o que é importante e necessário de ser ensinado sobre o tema químico inovador, e as possibilidades de facilitação, simplificação, considerando o nível de conhecimento prévio dos estudantes. Etapa essa é importante para determinar a aproximações e negociações de linguagem que serão feitas no processo de didatização da inovação científica para o contexto escolar.

Também é discutido, nessa categoria, sobre o modo como os licenciandos buscam articular a inovação desenvolvida nos centros de pesquisa com conceitos químicos e/ou conteúdos escolares, com o cotidiano dos estudantes e o debate sobre questões sociais. Dessa forma, discutindo sobre o processo de didatização em si, de transformação do conhecimento químico científico e inovador, em conhecimento químico escolar, utilizando, ainda, do conhecimento cotidiano dos estudantes, a partir da inter-relação com os dois primeiros.

E, por fim, é destacado como parte integrante e relevante desse processo, a etapa de repensar o desenvolvimento do trabalho com a inovação Química no Ensino Médio. Isso consiste no ato de avaliar, de refletir sobre as atividades organizadas, a fim de aprimorá-las, adaptá-las, reajustá-las aos novos e/ou diferentes contextos, o que configura parte do processo da inovação, a partir de reflexões do professor sobre a sua práxis, no coletivo (de docentes e bases teóricas).

A segunda categoria emergente fora denominada: ***Dificuldades encontradas no trabalho com a inovação Química na escola***. Ela descreve sobre as dificuldades encontradas por licenciandos e professores da escola básica, bem como os desafios percebidos pelos professores formadores, ao acompanhar e fazer parte do processo de transformação de conhecimentos: um processo que resulta na didatização do conhecimento científico inovador em um conhecimento passível de ser ensinado no contexto escolar, a partir de um movimento bastante complexo, trabalhoso e difícil de ser realizado, em função dos desafios identificados ao logo das etapas (da categoria anterior).

As dificuldades envolvem compreender sobre o conceito de inovação, inclusive às advindas da Ciência Química, que demanda um novo conhecimento a ser estudado e aprendido, para então, ser ensinado. Dessa forma, a elaboração de analogias e aproximações por parte dos licenciandos também se mostrou como parte difícil do processo, assim como determinar os conceitos/conteúdos a serem trabalhados nas atividades. Um dos grandes desafios relatados foi de lidar com a abstração que envolve a Química, preocupando os licenciandos com relação ao aprender novos temas e pensar meios de ensiná-los aos estudantes. Além disso, a necessidade de adaptar materiais e elaborar equipamentos que permitissem o desenvolvimento das atividades nas escolas, foi um movimento bastante complexo.

Não suficientes as dificuldades encontradas referentes ao processo de transformação dos conhecimentos, mencionadas acima. Outras também foram verificadas e são discutidas na segunda categoria, e que envolvem a falta de materiais didáticos de referência sobre os temas inovadores trabalhados, para o contexto do Ensino de Química. Isso, articulado ao pouco tempo para o preparo das atividades, principalmente em função do calendário acadêmico da universidade, resultou em grandes desafios, tanto com relação ao preparo das atividades, quanto ao

desenvolvimento delas nas escolas, que dispunham de um ou no máximo dois períodos de aula para a realização das intervenções.

Os participantes da pesquisa ainda tiveram de lidar com o desconhecimento dos estudantes da Educação Básica sobre alguns dos temas inovadores abordados e de seus conteúdos, a eles articulados. Esse fato mesmo sendo esperado, acabou por demandar maiores explicações sobre as novas temáticas trabalhadas e, dessa maneira, o tempo disponível pelas escolas para as ações foi um limitante com relação a determinados aprofundamentos e avaliações sobre a aprendizagem. Ainda, a infraestrutura das instituições parceiras, em alguns casos, exigia maiores improvisos dos licenciandos, e o preparo atencioso no momento de desenvolver as atividades. Por fim, o ideal seria que houvesse um maior período de acompanhamento das ações, para que fosse possível averiguar sobre o impacto das atividades para os estudantes do ensino médio, esse processo facilitaria com relação a análise e autoavaliação sobre o trabalho docente, e a etapa de reflexão no trabalho com a inovação na escola.

A terceira e última categoria emergente, denominada: ***Potencialidades no trabalho com a inovação científica na escola*** – aponta para diferentes potencialidades e/ou possibilidades promissoras para o trabalho com as questões e temas que envolvem a inovação científica, e suas articulações com demais discussões relacionadas, no contexto do ensino médio. As potencialidades e possíveis vantagens indicadas por licenciandos, a partir das suas percepções em relação às reações dos estudantes do Ensino Médio sobre as atividades desenvolvidas, bem como as reflexões tecidas por docentes, construídas por meio de suas expectativas e experiências, salientam a importância de apresentar, discutir e auxiliar na elaboração de associações, que correspondem a questões de inovação.

Dentre as principais potencialidades observadas, destaca-se o interesse de boa parte dos estudantes de Ensino Médio sobre os temas inovadores apresentados nas atividades. Isso auxiliou na promoção de um maior interesse pelo estudo de Química, tendo em vista que os temas abordados, apesar de ainda pouco conhecidos, vem sendo difundidos pela mídia, o que faz com que o estudante sinta curiosidade, e possa atribuir ao estudo de questões contemporâneas.

Além disso, é importante ressaltar que os temas trabalhados possuem grande potencialidade com relação a abrangência no contexto escolar, ao ponto em que podem ser elencados a diversos conceitos químicos, a discussões sociais e

ambientais, e a fenômenos e situações do cotidiano. O trabalho com a inovação também se mostrou potente com relação a abordagem da natureza da Ciência, da produção do conhecimento científico, o avanço tecnológico e, consequentemente, às inter-relações com as questões sociais, podendo contribuir de forma significativa à formação integral dos estudantes, como as que contemplam à formação para a cidadania mais responsável, o que é desejável para a etapa final do ensino básico.

Ainda se destaca a aproximação entre a escola e a universidade, por meio de projetos de extensão, por exemplo, como os utilizados no contexto de ação da presente pesquisa. A aproximação foi fundamental quando se pensa no retorno a sociedade do que é investido na Ciência, bem como quando pensamos na busca por um mundo menos desigual, em que todos tem direito ao acesso ao conhecimento que é produzido, tornando os estudantes mais próximos desse contexto científico e da realidade atual.

Por fim, também foi descrita a potencialidade do trabalho com a inovação científica nas escolas, as atividades que permitem repensar a prática docente que vem sendo construída pelos licenciandos, além do espaço vivenciado como uma oportunidade de construir novos aprendizados e desenvolver práticas desafiadoras, contribuindo à formação profissional.

A apresentação dos fragmentos representativos, extraídos das falas e escritas dos licenciandos e docentes envolvidos na pesquisa, bem como a análise destes, das respectivas categorias que emergiram desse processo, serão abordados a seguir, nos subcapítulos 5,1, 5,2 e 5,3.

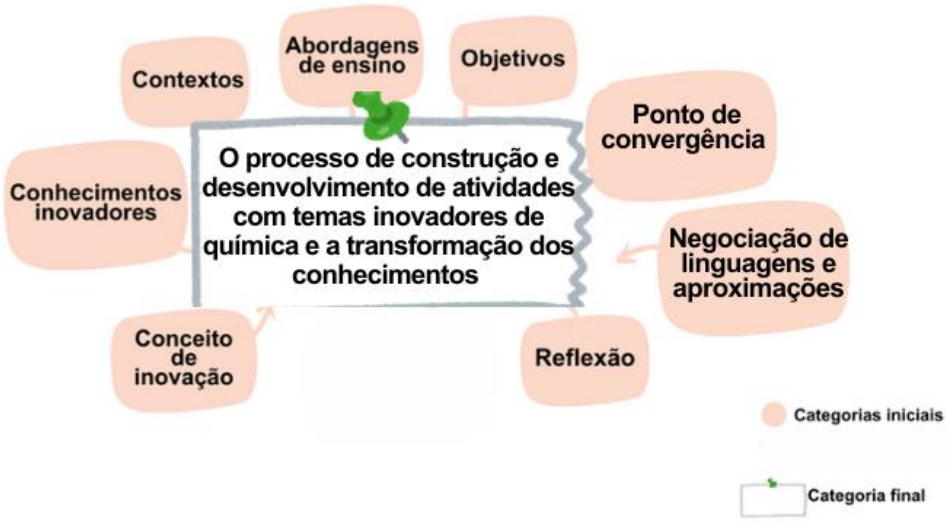
5.1 O processo de construção e desenvolvimento de atividades com temas inovadores da Química e a transformação dos conhecimentos

Esta categoria trata da análise sobre perspectivas de licenciandos e de docentes sobre a inovação na Química e seu processo de mediação didática para o contexto escolar. Ao retomar brevemente ao exposto na metodologia (vide capítulo 3), cabe destacar que esse processo ocorreu a partir da construção de atividades que envolveram temas inovadores, quais sejam: o desenvolvimento de novos materiais para fins de remediação ambiental; a produção de hidrogênio verde a partir da eletrólise da água; a nanotecnologia em diferentes contextos, como no tratamento de

doenças; e os fotocatalisadores e a relação com a Química Verde. Elas contaram com a participação de licenciandos participantes do PIBID Química, que compunham o subgrupo da inovação, e da disciplina de Interação Universidade-Escola, ambas do curso de Licenciatura em Química da UFPel, juntamente com as orientações dos professores formadores e pesquisadores, que auxiliaram planejamento, organização e desenvolvimento nas escolas.

Ainda, cabe retomar que os temas inovadores da Ciência Química recente, mencionados no parágrafo anterior, estão relacionados a temas que emergiram do capítulo 4, na seção 4.2. A partir da análise do material coletado, a partir dos pontos de discussão destacados, a categoria em questão pode ser ilustrada, conforme Figura 12.

Figura 12 - Categorias iniciais que levaram à categoria final



Fonte: Autoria própria.

Ao planejar e desenvolver as atividade de ensino sobre os temas inovadores na Química, demandou-se compreender sobre a percepção dos envolvidos no processo, os professores, sejam eles os formadores, os atuantes no Ensino Médio ou em formação inicial (os licenciandos), sobre o modo como eles entendem a inovação, tendo em vista que eles iriam participar de forma ativa no processo de mediação didática dos conhecimentos (contribuindo na transformação do conhecimento científico para o contexto escolar).

Afinal, parece ser difícil trabalhar e desenvolver sobre um conceito, sem ao menos compreender minimamente no que ele consiste, do que se trata, sobre o que

se refere. Nesse sentido, a etapa inicial do trabalho com a inovação científica nas escolas, e que representa também um primeiro ponto de discussão dessa categoria, está relacionado ao **conceito de inovação percebido pelos participantes da pesquisa**, sendo eles docentes em formação, atuantes na escola básica, ou no ensino superior, ao modo como compreendem a inovação e as possibilidades que vislumbram ao trabalhar com ela no contexto escolar.

É possível observar que de modo geral, a inovação é muito associada a mudanças, sendo pensada como a introdução de novidades, de novos conhecimentos, a reformulação de algo, que pode representar o ato de realizar o que não se costuma fazer: "*A inovação representa a introdução de novidade, buscar novos conhecimentos como novas tecnologias, ou a reformulação de algo*" (LPi11Q); "*Algo novo, melhorar algo, ou até mesmo fazer algo diferente do "normal""* (LPi10Q); "*Inovação representa mudança. Mudança de algum sistema que possa gerar aperfeiçoamento*." (PESDi2TA). Esse atributo da inovação com características de novidade, invenção e/ou reformulação em função de causar melhorias a um determinado sistema, resultando em ganho de qualidade, é uma visão válida sobre esse conceito (Capes, 2019a).

Ainda assim, a percepção apresentada acima é bastante ampla e não demonstra maiores delimitações sobre inovação. Por isso outros fragmentos podem ser destacados a fim de mostrar outras visões, essas por sua vez, mais associadas a inovação relacionada ao setor educacional e o processo de ensino: "*[...] para a educação, o termo inovação também refere-se a produção de algo, mas agora esse algo, pode ser considerado uma metodologia nova para o ensino, uma avaliação que difere-se das avaliações tradicionais, como também, pode ser considerada inovações nas escolas, uma situação que melhore e seja diferente dos métodos tradicionais*." (LPi8Q); "*é sobre trazer formas diferentes que façam e saiam do que costumamos realizar. Levar conteúdos e formas didáticas diferentes que saiam do que estamos sempre postos a fazer*" (LPi10Q); "*É sobre desenvolver metodologias de ensino que permitam que os alunos tenham mais proximidade com os temas/conceitos propostos e uma metodologia diferente das que são sempre utilizadas*." (LPi10Q); "*Busca por novos conhecimentos, metodologias, recursos utilizados em sala de aula ou mesmo a reformulação de algo que gere impacto positivo para o desenvolvimento da aprendizagem*." (LPi9Q); "*criar mais interesse por parte do aluno, relacionando temas*

atuais e cotidianos com o contexto escolar [...]" (PEBDi2Q). A partir dos fragmentos destacados acima, sobre a percepção de licenciandos e docentes sobre inovação, é possível formular sobre suas compreensões relacionadas a esse conceito inserido dentro de um contexto educacional.

A inovação então, é percebida como novas e/ou reformuladas estratégias e conteúdos que possam auxiliar na promoção de aperfeiçoamento, de evolução e ganho de qualidade com relação aos processos de ensino e consequentemente de aprendizagem, visando o benefício dos estudantes e resultando em melhores condições de formação para os mesmos. Essas novas e/ou repensadas estratégias e práticas pedagógicas, podem ser traduzidas em metodologias que fujam das mais tradicionais, das comumente utilizadas em salas de aula (Carbonell, 2002). O modelo tradicional poderia ser associado à perspectiva que coloca os estudantes como figura passiva no processo de ensino, à mera repetição e memorização de conteúdos, aos alunos sentados em fila dentro do espaço de sala de aula, tendo o professor como centro, obtendo espaço de questionamento com relação apenas a eventuais dúvidas que possam ter (Ferrarini; Saheb; Torres, 2019). Em contrapartida, como metodologias alternativas aos métodos mais tradicionais de ensino poderiam ser citadas as metodologias ativas, que propõem um papel ativo, participativo e central para os estudantes em todas as etapas de seu aprendizado: um modelo de ensino que envolve processos de interpretação, reflexão, análise, discussão, entre outros (Ferrarini; Saheb; Torres, 2019).

Mesmo sendo as metodologias que colocam o estudante como protagonista de seu aprendizado - associadas a um possível aumento no interesse dos estudantes pelos processos de ensino e aprendizagem – e, estas sendo conhecidas há bastante tempo no contexto educacional, ainda assim são apontadas tanto por licenciandos em formação, como professores atuantes na área, como peças fundamentais se não como base, no processo de inovação no ensino. Esse fato foi evidenciado a partir das falas dos participantes da pesquisa, e que corrobora com a perspectiva de inovação em documentos que orientam e regulamentam a Educação Básica no país (Brasil, 2013; Rio Grande do Sul, 2021), e que pode levar a uma reflexão pertinente: Ainda são consideradas inovadoras metodologias alternativas às tradicionalmente utilizadas, porque ainda não estão sendo muito utilizadas, ou comumente utilizadas da mesma forma, tornando-as rotineiras sem novas adequações e adaptações. O que

vai ao encontro do que é mencionado pelo licenciando participante do PIBID, no seguinte fragmento: "*Durante minha educação básica nunca foi utilizado diferentes metodologias. Então, para mim, as diferentes metodologias utilizadas são inovadoras*." (LPi1TA). Isso se correlaciona ao descrito por Carbonell (2002), quando destaca que para inovar no contexto da educação, não se deve permitir tornar uma prática inovadora rotineira, apenas reproduzida sem preparo, reflexão e diálogo, desprezando a característica de aperfeiçoamento da inovação em si. Ou ainda, recair em uma mera repetição da prática inovadora, sem considerar o respeito a diversidade existente em diferentes contextos de desenvolvimento, o que é tão recomendado em documentos oficiais (Brasil, 2009), na orientação para construção de currículos escolares (Cortez; Del Pino, 2017), e que caracteriza uma base fundamental para o trabalho com a inovação social, considerando a interação com a comunidade como modo de pensar e organizar o trabalho (Medeiros et al., 2017).

Ainda assim, a literatura aponta para a pouca utilização de novas metodologias em função da exigência de qualificação da prática docente para essas estratégias, o que envolve a demanda de tempo e reflexão, e que acabam se refletindo na carga horária desses profissionais que costuma já ser muito elevada. Dessa forma, mesmo reconhecendo as metodologias ativas como ferramentas importantes na educação e possíveis formas de inovação, muitos docentes ainda não se sentem aptos às suas utilizações em função da falta de ações formativas, dos poucos materiais disponíveis, e em função do pouco tempo de preparo de materiais que dispõem (Piffero et al., 2020).

Outro apontamento que emergiu frente ao que os participantes da pesquisa compreendem sobre inovação relacionada à Ciência e ao ensino, foi a questão referente à discussão de temas, de conteúdos, de conceitos e de conhecimentos novos, atuais e "diferentes" dos que são apresentados comumente nas escolas. Ao mesmo tempo em que defendem a utilização das novas abordagens e discussões, como maneira de aproximar e melhor envolver os estudantes com o seu aprendizado: "*Inovação no contexto da Ciência, é elaborar diferentes métodos de análise de dados ou de divulgação, mas não só isso.*" (LPi1Q); *"[...] a inovação científica entendo mais como referente aos avanços da ciência, dos conceitos. Esse ponto procuro abordar durante minhas explanações, através de trabalhos de pesquisa."* (PEBDi4Q); "*Criar*

novas formas de pesquisa científica e como aplicá-las em projetos de ensino." (LPi1Q).

De acordo com os fragmentos representativos acima mencionados, percebemos um pouco da visão que os participantes da pesquisa têm com relação ao conceito de inovação científica. Como no caso, referem-se a ela como algo elencado a investigação do novo, ao avanço e progresso da Ciência como um todo (Capes, 2019a). Além disso, eles ainda denotam sobre a interligação que é importante de ser vista e praticada, referente a inovação na Ciência e sua transposição para o meio escolar e social, por meio de explanações, pesquisas aplicação à projetos, entre outros.

Provavelmente a questão de incorporar novos temas e conhecimentos ao contexto escolar, esteja diretamente elencada à inovação como uma forma de auxiliar na promoção de maior interesse e motivação dos estudantes pela aprendizagem, em função da busca por acompanhar a evolução científica e tecnológica vivenciada pelo mundo atual (Libâneo, 2004; Rocha, 2012). Nesse sentido, os apontamentos feitos pelos licenciandos e docentes com relação a associar inovação no ensino, à articulação de novas temáticas e conceitos com o cotidiano dos estudantes, a fim de aproximá-los do processo de ensino, devem ser considerados com relação à possibilidade de elaborar atividades didáticas que tragam inovação, sem que isso provoque a desconexão com a realidade deles.

Em alguns dos fragmentos se pôde destacar a visão de inovação vinculada a questões econômicas: "*Algo novo, no sentido de desenvolver algo novo do zero ou melhorar algo já criado, pensando sempre na perspectiva econômica, no sentido de ganhar mais, gastando menos*." (LPi9Q). A perspectiva de inovação ainda bastante vinculada ao discurso neoliberal, é um fator bastante real e presente no contexto educacional, o que pode atrapalhar adesão do termo e das ideias que ele possa representar no âmbito escolar, gerando uma certa resistência por parte dessa comunidade (Eichenberger, 2019; Oliveira, 2011). Isso porque não é incomum a utilização da palavra inovação como forma de chamar atenção no setor econômico, bem como, do seu emprego sem maiores aprofundamentos sobre seu significado na área da educação, como aponta o docente a partir de sua fala: "*Vira um modismo em sua utilização, assim como inovação, outras palavras também viraram. Por exemplo, interdisciplinaridade, contextualização, todos os documentos tem, se não tiver, já será*

um problema. E não importa qual conceito está por trás dessas palavras, o importante é que elas estejam. Viram palavras-chave. Mas às vezes, o conceito pode estar lá, sem a palavra. E às vezes, ela aparece lá, apenas dita, mas como se assumisse um significado universal, e na verdade não." (PESDi1TA).

Algumas falas assumem a inovação relacionada ao ensino como um conceito confuso, conforme mencionado pelo docente do ES: "*O significado de inovação para o ensino, ainda é difuso*." (PESDi2TA). As análises permitem inferir sobre a importância de entender o conceito e os aspectos referentes a potência ligada ao termo inovação, para buscar os melhores meios de explorá-la. Ao estar ciente de que ela pode ser empregada como maneira de dar destaque a possíveis discursos que se deseja "vender", bem como à sua complexidade em função das diferentes perspectivas que ela pode assumir, o professor pode associá-la através do ganho econômico, ambiental, ou até mesmo, fazendo com que haja a valorização do trabalho de ensino envolvendo inovação, como destacado pelo docente, no fragmento a seguir: "*Acredito que a gente produza aqui na UFPel muita inovação, muita coisa que poderia ser entendida como inovação. Mas não temos como receber uma valorização por isso, como algo passível de comprovação, de que é inovador. Por exemplo, produzir uma sequência didática, poderia ser entendido como algo inovador, poderia produzir uma patente sobre isso, ou algo associado à uma tecnologia social, mas em termos técnicos, isso não seria pontuado. Mas eu gostaria que isso fosse valorizado, pontuado, assim como as demais que são produzidas e geram ganho econômico*." (PESDi1TA).

O trecho relata uma possibilidade de compreensão, bem como sobre a importância de se assumir a inovação como algo potente, fora do contexto empresarial, ainda que se compreenda sobre possíveis resistências na área da educação e ao modo como se valoriza alguns tipos de produtos produzidos. Apropriar-se do termo, a partir de uma perspectiva correta e adequada, como das Tecnologias Sociais, que seja capaz de extrapolar aspectos meramente econômicos em direção a um ganho social resultando na inclusão dos sujeitos, parece ser uma boa alternativa para lidar com as problemáticas e utilizá-lo como forma de promover melhorias no ensino (Duque; Valadão, 2017). Porém, como se apropriar de algo, e utilizá-lo com intuito de promover melhorias, se não são evidentes os parâmetros que irão definir, avaliar e, portanto, valorizar a inovação produzida, para além do ganho pessoal, ou

de uma equipe e instituição, para que se estabeleça a divulgação do produto de uma ação, inventada ou reformulada? A tarefa de compreender sobre inovação, e que acaba perpassando por uma questão de validação da mesma, é complexa quando não se tem parâmetros previamente estabelecidos, bem como do tempo suficiente de acompanhamento em relação ao desenvolvimento da etapa de formulação e implementação do processo de inovação e a forma como isso irá impactar o meio no momento da ação e posteriormente a longo prazo.

Uma forma de validação de uma inovação pode estar associada aos benefícios encontrados no atendimento de demandas, nas implicações sociais que tal produção inovadora pode causar (Sangiogo; Kohn; Moura, 2022), por exemplo, conforme mencionado pelo licenciando no trecho a seguir: "*inovação é algo novo ou diferente do que é frequente, como novos produtos, métodos, abordagens, normalmente pensando em suprir uma demanda*" (LPi12Q). Seguindo nessa perspectiva que corrobora com uma característica importante do processo de inovar, e que se alinha ao desenvolvimento das Tecnologias Sociais - o de buscar atender demandas (Miron; Cavalcanti; Wondgtschowski, 2005; Capes, 2019a), onde para isso é preciso conhecer afundo sobre as carências e necessidades de um espaço, para então pensar na inovação a ser desenvolvida o mais direcionada possível as especificidades de cada contexto - buscando por uma aproximação com a elaboração de uma inovação social; ou seja, aquela que possui vistas a atingir de fato a comunidade e promover transformação social (Duque; Valadão, 2017; Medeiros et al., 2017). Para que haja essa aproximação com a realidade e necessidades do contexto, torna-se essencial perceber sobre a visão dos docentes da escola básica, em relação à possibilidade e interesse de trabalho com seus estudantes sobre alguns temas inovadores: "*Acredito que o objetivo seja criar mais interesse por parte do aluno, relacionando temas atuais e cotidianos com o contexto escolar. Sempre estamos em constantes mudanças [...].*" (PEBDi2Q). Como no caso, referido neste fragmento, o professor acredita que a discussão de temas atuais vinculados ao cotidiano dos estudantes, pode motivá-los ainda mais para o estudo, ao ponto em que assim, atende a uma demanda de certa forma, considerando as mudanças no mundo contemporâneo e que se refletem na realidade dos jovens (Camargo; Daros, 2018).

Nesse sentido, após compreender um pouco mais sobre a visão de licenciandos e professores (tanto do ensino superior, quanto do ensino básico) sobre

a inovação, e perceber que ela se apresenta como mudanças que buscam agregar melhorias: no meio científico, através do desenvolvimento de novos ou reformulados produtos, métodos, metodologias, conhecimentos (Miron; Cavalcanti; Wondgtschowski, 2005; Capes, 2019a); e no contexto educacional em que se remete a novas e ou reformuladas práticas pedagógicas, conceitos e conteúdos a serem trabalhados (Carbonell, 2002; Mota; Scott, 2014).

Ao planejar e desenvolver atividades didáticas que envolvam a inovação Química no contexto escolar, discutimos sobre mais um ponto desta categoria, a segunda etapa no trabalho: **a compreensão sobre as questões inovadoras que se deseja trabalhar, ao estudo sobre o tema, os seus conceitos e relações**.

Nesse sentido, o trabalho se iniciou pela identificação de possíveis demandas escolares frente aos temas da Ciência Química, que vem sendo bastante estudados recentemente. A busca de docentes que desejam trabalhar com a inovação deve empreender pelo reconhecimento e possível atendimento de demandas, se faz importante em função desta ser uma característica desejável do trabalho e desenvolvimento da inovação, que visa atingir a sociedade atribuindo melhorias aos sistemas (Capes, 2019a).

Vale retomar que parte da pesquisa se desenvolveu no contexto do PIBID - Química e da disciplina do curso de licenciatura em Química, e ambas possuem um caráter extensionista no sentido de que buscam estabelecer um movimento de diálogo com e entre o espaço de formativo, nesse caso, entre as escolas e a universidade. Esse movimento implica em compreender as demandas e buscar saná-las, atende-las. Dessa forma, o espaço gerado pela extensão universitária, se faz propício para o trabalho com a inovação, pois seus objetivos se fundem, ao buscar alcançar o trabalho com a comunidade, compreendendo seus contextos, necessidades, interesses e investindo na promoção de benefícios direcionados relacionados à essas demandas (Bachmann, 2018; Sagiogo; Kohn; Freitas, 2022).

Em Interação Universidade-Escola, a partir das respostas obtidas em um questionário por seis docentes parceiros da Educação Básica (Apêndice 1 – Questionário 1), se disponibilizou a possibilidade de trabalho com três temas, sendo eles: a) Produção de polímeros e novos materiais para fins de remediação ambiental; b) Nanotecnologia associada à promoção de melhorias na Ciência e na saúde humana; c) Produção de novos e/ou reformulados métodos para promoção de

energia limpa e sustentável. Se observou por parte deles um maior interesse de trabalho relacionado ao tema “b”, assinalado por seis docentes, o segundo tema de maior interesse foi o “c”, assinalado por cinco deles, e quatro, assinalaram o tema “a”. Tendo em vista, os horários que foram disponibilizados pelos docentes para a realização das atividades, bem como os horários da disciplina em que se desenvolvia o projeto, foi decidido pelo atendimento dos dois temas mais assinalados pelos docentes (b e c). No questionário, ao perguntar sobre demandas de temas inovadores, acatamos a sugestão indicada por um dos docentes, que seria de trabalhar com questões de síntese orgânica. Essa foi a maneira encontrada de contemplar as demandas emergentes do contexto escolar, através de uma triagem feita com os docentes da Educação Básica, ao considerar isso fundamental nesse processo de mediação didática de temas inovadores.

O tema relacionado a produção de novos materiais que envolvem questões de preservação e remediação ambiental, muito pesquisado atualmente na área da Química (como observado através de diversos estudos utilizados como base na investigação descrita no capítulo 4 e seção 4.2), foi trabalhado no contexto do PIBID – Química, em que o subgrupo da inovação, participou de um processo de acompanhamento e recebeu auxílio de pesquisadores dessa área, para compreender sobre seus trabalhos e elaborar uma atividade no contexto escolar.

Neste trabalho se defende a teoria de que após conhecer e estabelecer concepções de inovação, é importante pensar sobre o trabalho com ela que se deseja desenvolver. Para isso, se deve considerar as principais características desse conceito adotado, como por exemplo, e pensando no contexto deste estudo, envolvem entender a inovação no ensino como a busca por novas temáticas, conceitos, conteúdos e conhecimentos químicos, que estejam vinculados à avanços recentes nessa área. Ao mesmo tempo está ligada à criação ou aprimoramento de estratégias e abordagens de ensino. Seguido dessa conceituação, se torna preciso identificar quais novos temas e/ou temáticas devem ser discutidos, compreendidos de modo mais aprofundado, desmembrando-os, conhecendo possíveis aplicações científicas, tecnológicas e sociais, bem como os conhecimentos químicos envolvidos.

Após apropriar-se de um conceito de inovação, e identificar um tema inovador a ser desenvolvido, o professor pode partir para a próxima etapa, a de estudo sobre a inovação em si, a ser trabalhada no contexto escolar. O que implica na busca pelo

entendimento da inovação e de toda a sua parte conceitual e/ou Química, o que corrobora com a visão do licenciando, sobre a possibilidade de trabalho com inovação: "*Para levar a inovação para a escola, tem que ter conhecimento sobre a química, saber desmembrar o tema, saber identificar o que está certo, o que convém trabalhar."* (LPi1TA).

O tema inovador demanda compreender sobre os conhecimentos químicos envolvidos, bem como uma visão abrangente, do todo, da relação com outras áreas do conhecimento. Como observado no trecho descrito a seguir, em que o licenciando relata sobre a complexidade em contemplar o conhecimento químico, envolvido em uma temática bastante ampla, como a de nanotecnologia: "*Por ser uma temática nova, até para a gente. No sentido, de que não conhecemos termos, conceitos, a nanotecnologia extrapola a área da química, ela vai para medicina, biologia, enfim. Então, ao mesmo tempo que temos que nos apropriar de vários outros termos, várias outras possibilidades existentes, em diferentes linhas de pesquisa. Até porque, na atividade, trouxemos duas: dos pontos quânticos e das estruturas de carbono, e ainda da magnetita. Existem várias outras, e para cada uma delas teríamos que nos apropriar minimante. Então, o tempo que seria necessário desprender, para ter esse vislumbre do todo, e poder decidir quais tópicos eu vou levar para a sala de aula, ainda mais considerando que a formação que temos aqui [na universidade], não tem essa discussão focada na nanotecnologia. É difícil, em função do tempo necessário para se aprofundar na temática"* (LDi7TA).

Conforme o fragmento destacado, pode-se perceber que ao investigar um tema novo, exige-se o vislumbre amplo e geral do todo, para decidir conscientemente quais os pontos da temática devem receber foco. É preciso, considerar e ter o movimento inicial de conhecer minimante, com quais outras Ciências a inovação em questão dialoga. Essas ações exigem do professor, empenho, atenção, tempo e conhecimento básico sobre termos técnicos científicos da área da Química, e até mesmo sobre outras que se correlacionam, e que possibilitam a identificação sobre esses conhecimentos e a área a que eles correspondem. Isso corrobora com o trecho a seguir, em que um licenciando menciona sobre a necessidade de entendimento sobre uma linguagem científica específica, e que compõe um conjunto de áreas das Ciências: "*A gente achou muitos materiais de uma linguagem muito específica sobre nanociência, e a gente não tem propriedade para interpretar aquilo [...]*" (LDi5TA).

Após esse processo inicial de identificação e reconhecimento do que circunda o novo tema, desencadeia-se um processo de imersão e aprofundamento sobre os conhecimentos e conceitos químicos envolvidos nessa área específica. Sobre isso, um dos licenciandos relata sobre os estudos e as reflexões que fez como forma de compreender sobre o experimento que iria articular ao tema de nanotecnologia na escola: "*Embora o experimento de síntese de nanopartículas de magnetita ser razoavelmente simples de ser preparado, o mesmo exige do docente a compreensão de fenômenos quânticos ligados ao comportamento dos spins dos elétrons perante um campo eletromagnético, o que exige o estudo de vários conceitos e teorias articuladas para compreender tal fenômeno apropriadamente para ensiná-lo [...]*" (LDi7R).

Nesse sentido, pode-se dizer que a compreensão sobre as inovações produzidas na Ciência Química consiste de um processo com características diferenciadas, se comparado à apropriação de conhecimentos já comumente trabalhos na escola. Isso em função de adentrar às questões mencionadas anteriormente, como de entendimento mínimo de um todo, seguido por aprofundamentos específicos em relação à diversos conceitos químicos, procedimentais e de didatização relacionados a temática em questão. E também, porque se busca investigar e compreender mais sobre novos conhecimentos, os quais ainda, em alguns casos, não são amplamente conhecidos e validados. Como apontado pelo docente do ensino superior (ES1), ao refletir sobre o processo de compreensão da Ciência e da inovação dos novos temas: *"[...] que irá servir de base para outros estudos, as potencialidades do que é estudado, lembrando que ainda existem questões que estão sendo investigadas, e não são muito bem construídas, com explicações formalizadas, aceitas... Afinal, é um processo novo, em estudo, e dar essa noção de incerteza faz parte da química e do processo da inovação."* (PESDi1TA).

Em suma, ao perceber o desafio que pode representar o início no trabalho com a inovação, em que se desenvolve o ato de estudar e aprender sobre o tema, como mencionado pelo outro professor do ensino superior (ES2), ao refletir sobre essa questão: "*É um dos grandes desafios de se trabalhar com questões inovadoras, é de se apropriar conceitualmente*." (PESDi2TA). Se faz importante considerar que essa problemática se justifica pelo tema estar em um processo inacabado, característico

de construção da Ciência (Chalmers, 1993) e da inovação, bem como dos desafios relacionados a linguagens, termos e conceitos próprios às áreas específicas da Química.

Nesse contexto, estudantes de graduação, professores da escola básica, e até mesmo, especialistas de outras linhas de pesquisa, não possuem familiaridade suficiente com termos técnicos, métodos e processo de construção da Ciência, para permitir uma fácil compreensão sobre uma nova área ou conhecimento específico, como destaca LPi1: "*Então, quando tu entras na faculdade, não entende, não conhece muito os termos, e precisa ir lá se apropriar deles*" (LPi1TA). No entanto, o auxílio de pesquisadores que trabalham com a inovação investigada, pode contribuir de forma significativa no desenvolvimento de maiores compreensões e aprendizados sobre um determinado tema inovador.

O auxílio de pesquisadores que estão em contato direto com um novo conhecimento científico que vem sendo estudado e produzido, ou com a reformulação de um método ou produto para fins de gerar inovação, pode promover grandes benefícios na etapa de compreensão. Isso porque os especialistas possuem o domínio sobre a linguagem específica da área em que atuam, sendo capazes de melhor explicar sobre ela, esmiuçando-a se necessário, pois estão habituados a leituras científicas e suas especificidades; pois como já mencionado anteriormente (Capítulo 2) em nossas discussões sobre a fragmentação e especialização do conhecimento, no ato de aprofundar sobre determinado tema de estudo, é preciso especificar o objeto, o que acaba o distanciando do todo (Thiesen, 2008; Gallo, 2004). Dessa forma, os pesquisadores podem contribuir na construção de uma "ponte" capaz de estabelecer o intermédio entre a linguagem específica e aprofundada de uma área e o entendimento de professores e estudantes, que mesmo tendo uma certa inserção no mundo científico, não são especialistas em determinada área, tendo maior dificuldade de compreensão sobre o objeto em estudo e de conexão deste com o todo. Isso é explicitado pela pesquisadora de doutorado (EPD) que relata em seu diário de bordo (DB), sobre o alerta feito pelo professor-pesquisador especialista na produção de novos materiais poliméricos, sobre a importância de explicar em detalhes sobre os termos e as especificidades que surgiam nas reuniões com os licenciandos participantes do grupo PIBID: "*O professor orientador do grupo [LaCoPol], atentou aos seus orientandos, sobre a importância de tecer explicações sobre questões que para*

eles são básicas, por estarem inseridos na realidade do campo de pesquisa em questão, mas que para os participantes do outro grupo [PIBID-inovação], poderiam não ser, tendo em vista, as especificidades de cada área de conhecimento." (EPDPiDB).

O empenho por parte dos pesquisadores especialistas, observado por meio da grande disponibilidade em tirar dúvidas, explicar de forma mais minuciosa sobre conceitos ainda pouco conhecidos pelos licenciandos do PIBID, surtiu efeitos positivos com relação ao auxílio a construção de compreensões sobre o tema de novos materiais, envolvendo a atividade de produção de novos materiais para fins de remediação ambiental. A importância da mediação do grupo do LaCoPol foi destacada por LPi8: "*Não, acho que eu não conseguiria pensar em um roteiro, uma atividade. Não iria nem conseguir pensar em temas, questões de inovação sem estar participando do grupo, e ter o auxílio deles. Porque desde que comecei a acompanhar as reuniões deles, antes, eu nem tinha ideia de que a química poderia fazer tudo isso [...]*" (LPi8TA); "*Estar no grupo me fez pensar em aulas inovadoras, porque a gente vai entendendo e vão surgindo mais ideias. Ler os artigos deles também, foi inovador, porque eu nunca tinha estudado um artigo científico da química. Aprender a estudar também, esse movimento de aprender coisas novas e pensar [...]*" (LPi8TA); "*Pensar num assunto, e o pessoal do grupo da físico-quimica foi fundamental nisso. Eles estão sempre disponíveis em ajudar, tentar nos fazer entender. Isso ajuda muito a pensar e encontrar proximidades entre o que eles trabalham e o que é visto na escola, e que tem relação.*" (LPi8TA).

As dúvidas e incompreensões que extrapolavam conceitos químicos, que frequentemente surgiam com relação ao conhecimento inovador que era discutido pelos pesquisadores, dizia respeito a questões de linguagem, procedimentos e métodos de análise; ou seja, correspondia também ao que se constitui na relação humana e não humana da Ciência, em que os pesquisadores podem representar importante auxílio em uma espécie de mediação técnica entre o aprofundamento científico, a tecnologia, e o humano (Santaella; Cardoso, 2015). Como, por exemplo, destacou-se na escrita de diário de bordo da doutoranda, referentes à dúvidas levantadas pelos participantes do PIBID-inovação, durante reuniões com o grupo LaCoPol: "*Isso ficou evidente por meio de comentários como: "O que significa algo ser "enxertado"?" "Como introduzem gás N_2 em uma reação?" "O que é essa análise de*

infravermelho que eles usam?" "O que é reação de Fenton?"" (EPDPiDB); "*surgiam questionamentos frequentes sobre ensaios e testes que eram realizados pelo grupo, a fim de verificar sobre as caraterísticas dos materiais por eles produzidos*. [...] *Como por exemplo: "Como será feito esse teste de retenção de umidade?*"; "*o que é análise de FTIR?*" *[questionamentos que surgiram por pibidianos do grupo da inovação em reunião de discussão sobre os artigos do LaCoPol]*." (EPDPiDB).

Além de auxiliar com incompreensões oriundas das especificidades da área, como as mencionadas acima, os pesquisadores também podem contribuir ao apresentar aos estudantes os materiais que produzem, e as técnicas que utilizam para chegar aos seus produtos. Como demonstrado a partir da fala de L8, visualizar o espaço do laboratório, seus equipamentos, e os cientistas trabalhando, auxiliou, ao ponto em que torna a Ciência mais "visual": *"[...] Porque eu via os laboratórios com um certo olhar, mas aí, vendo como eles fazem, nunca imaginei que existia, que eles faziam as coisas desse jeito."* (LPi8TA).

Nesse sentido, é muito importante que haja a cooperação de pesquisadores e especialistas de uma determinada área relacionada diretamente com a inovação que se deseja investigar e trabalhar na escola, para que essa etapa de compreensão do tema inovador seja facilitada. Lembrando que o auxílio dos especialistas não é um fator determinante para possibilitar a fase de compreensão do conhecimento científico em questão. Porém, como mostraram os indícios obtidos com a análise realizada sobre esse processo, poder dialogar diretamente com os especialistas, receber materiais como artigos científicos de fontes seguras, tirar dúvidas, relatar incompreensões, visualizar as inovações produzidas, bem como acompanhar parte dos seus métodos de obtenção, acabou facilitando na compreensão da inovação associada ao tema de produção de novos materiais para fins de remediação ambiental.

Após tecer maiores compreensões sobre o conhecimento inovador a ser trabalhado no contexto escolar, faz-se importante ingressar na construção de uma terceira etapa do processo: **conhecer sobre o contexto em que a inovação será abordada**, ou seja, nesse caso, sobre a comunidade escolar que irá receber a ação. Esse movimento pode considerar suprir demandas desse espaço, mas também, não necessariamente, se centre apenas nesse objetivo, pois o planejamento e o desenvolvimento de ações junto aos estudantes, podem ser mais significativas a partir

de uma maior interação e conhecimento acerca do público-alvo da ação. Em virtude disso, salientamos a importância de imersão na comunidade, da estruturação e da organização em conjunto, construindo a partir dos conhecimentos das características, demandas conscientes e do descobrimento de necessidades inconscientes ou impensadas, novas formas de promover melhorias efetivas para e com a sociedade, promovendo assim uma inovação social, com base em uma rede de cooperação mútua, com base na Tecnologia Social (Duque; Valadão, 2017; Medeiros et al., 2017).

Conhecer o contexto escolar, os estudantes que irão participar do trabalho com a inovação, o nível de escolaridade a que pertencem, de alguns de seus interesses, dos conteúdos relacionados a Química que estudam, os seus conhecimentos prévios em relação ao tema, caso eles existam, ajuda no planejamento. Enfim, conhecer o contexto dos estudantes da escola básica permite organizar e planejar ações mais voltadas à realidade escolar, conforme descrito por LPi8: "*Falta a gente conhecer a escola, o nosso público, os estudantes, a forma como a escola pensa e conduz suas atividades. É importante conhecer essas coisas para pensar a inovação que vai ser levada para a escola, porque ajuda a qualificar nossas ações, direcionar mais elas*" (LPi8TA).

Quando as discussões são referentes a questões de inovação, e envolvem temas, em muitos casos desconhecidos pelos estudantes, uma abordagem mais básica, ou inicial sobre o assunto, se faz fundamental. Isso tende a tomar mais tempo no desenvolvimento da prática, e irá interferir significativamente no andamento da ação. No entanto, quando os estudantes da escola apresentam um certo grau de conhecimento sobre o tema, há maior possibilidade de aprofundar a discussão, ao relacionar o que já é conhecido para o estudante, com novas significações e inter-relações com questões sociais que compõem a realidade e as culturas em que ele está inserido (Lopes, 1999).

No caso de não conhecer muito sobre o contexto, é possível desenvolver atividades que envolvem a inovação na escola com os estudantes, buscando inserções de conceitos iniciais, algumas relações a partir do interesse pelo tema, e conhecimentos prévios sobre o assunto, como percebido por LDi1 em relação a reação do estudante que participou da oficina promovida na disciplina de Interação Universidade – Escola: "*A participação ativa do aluno do curso técnico de eletrônica destacou a importância de incorporar o conhecimento prévio dos estudantes,*

promovendo uma interação universidade-escola bidirecional." (LDi1R); *"[...] o aluno ia demonstrando bastante interesse, inclusive possuía alguns conhecimentos sobre o tema, o que tornou a discussão mais interessante, pois eram coisas que eu não tinha conhecimento. Ele também sugeriu algumas soluções para lidar com os nanomateriais, o que foi muito interessante para perceber a maneira que ele pensa e como utiliza seus conhecimentos prévios.*" (LDi1TA). Nesse caso, mesmo não conhecendo o estudante que iria participar da oficina sobre o tema de nanomateriais como alternativa ao tratamento de câncer, o fato de o estudante em questão conhecer algo sobre o tema, possibilitou um diálogo e a troca de conhecimentos entre o licenciando e o estudante da escola. O registro também permite destacar a importância de o professor atuar como mediador no processo, estando aberto à produção de novos conhecimentos, como é o caso do estudo com temas inovadores que tendem a ser pouco conhecidos.

No entanto, a partir de fragmentos representativos de licenciandos e professores formadores, também ficou evidente, a partir das atividades desenvolvidas na disciplina de Interação Universidade – Escola, que um maior direcionamento das atividades aos conhecimentos dos estudantes, teria sido possível e desejável: "*Vocês pegaram algo que está na cultura dos jovens e transformaram em uma discussão sobre o nano. A questão só está no tempo para atividade, na discussão sobre a grandeza, do experimento, e vocês não sabiam o nível de conhecimento que o público de vocês tinha sobre isso, como o nível de abstração que eles tinham."* (PESDi2TA); *"[...] seria muito melhor se conhecêssemos a realidade da escola antes de desenvolver a atividade. Assim, faríamos uma atividade que contribuiria muito mais e seria bem mais significativa também."* (LDi5R); *"[...] a abordagem do assunto reações fotoquímicas, poderia ter sido mais bem planejado para as turmas de primeiro ano, pois em alguns momentos, foi perceptivo que os alunos não estavam entendo alguns aspectos da aula.*" (LDi3TA); "*Se o calendário estivesse ajustado, teria sido possível voltar lá, já conhecendo o público de vocês, sabendo o que os estudantes conhecem sobre o tema, sobre os conteúdos, as demandas deles e pensar a partir disso*." (PESDi2TA).

No caso das atividades que foram desenvolvidas na disciplina de Interação Universidade-Escola, como mencionado no fragmento acima, o calendário acadêmico da universidade, por ainda estar alterado em função da Pandemia de Covid-19,

acabou atrapalhando o desenvolvimento regular da disciplina. Isso demandou que, inicialmente as atividades foram elaboradas para, posteriormente, serem levadas ao contexto escolar, para que fosse viável a extensão, para que não houvesse colisão com o período de férias escolares. O calendário acadêmico impediu um maior contato com as escolas parceiras no início do semestre letivo da universidade. Nesse sentido, a única informação que os estudantes tiveram foi em relação aos anos/séries escolares com que iriam trabalhar e ao interesse/demanda sobre os temas.

Esse contexto de atuação atípico, tornou evidente mais uma premissa defendida nesse estudo: que é muito importante a participação ativa dos docentes da escola básica no processo de trabalhar com questões inovadoras. Isso se fundamenta no fato de que eles vivenciam diariamente a realidade da comunidade escolar, e tendem a conhecer os discentes, suas pretensões, seus interesses, alguns conhecimentos prévios, conceitos ou conteúdos químicos que já foram ou que estão sendo estudados. Nesse sentido, torna-se desejável que os professores da escola participem do planejamento, fornecendo a sua experiência e conhecimento para formular práticas pedagógicas mais direcionadas aos estudantes, e auxiliando de maneira que o conhecimento químico inovador, didatizado, faça sentido e dialogue com a realidade dos estudantes da escola básica.

Além do exposto, os docentes que vivenciam o espaço escolar, conhecem sobre as condições de infraestrutura dessas instituições, podendo inferir sobre adaptação de materiais, equipamentos, reagentes e espaços físicos. Conforme relata o licenciando em seu relatório da disciplina de Interação Universidade-Escola, ao buscar adaptar o experimento de síntese de nanopartículas de magnetita, oriundo da literatura, desenvolvido e testado na universidade, já conhecendo a infraestrutura da escola, demandou pensar em adaptações: "*Aqui é realizado o experimento de síntese de nanopartículas magnéticas de magnetita (Fe_3O_4) conforme proposto por Rebello et al. (2012). Adaptando-se os procedimentos descritos pelos autores para as limitações do contexto escolar sem infraestrutura laboratorial básica [...]*" (LDi7R).

É importante destacar que a inovação, como tradicionalmente é concebida, se desenvolve no ambiente científico de universidades e/ou centros de pesquisa, os quais possuem um aparato bastante específico e avançado, que permite o desenvolvimento de pesquisas. O que é bastante diferente do contexto escolar, que não conta com essa infraestrutura, até porque, os objetivos e os conhecimentos que

são construídos são diferentes nessas instituições. Porém, no processo de didatização da inovação Química, certas adaptações são necessárias, de forma a possibilitar o trabalho de novos conhecimentos nas escolas, e os professores atuantes no ensino básico poderão auxiliar muito fornecendo essa visão realista sobre as condições e necessidades da escola. Como mencionado no trecho a seguir, em que o professor formador recomenda sobre essa consideração aos licenciandos que buscavam o trabalho com fotocatálise e Química Verde na escola: "*Acho que a ideia está aí. E dá para pensar em adaptações, pensando nos professores das escolas mesmo. Para quem gostaria de realizar esse experimento, trabalhar com esse tema de fotocatalisadores, ou química verde, e não tem acesso ao laboratório de pesquisa*." (PESDi2TA). O fragmento diz sobre adaptações pensadas para o contexto escolar, direcionando a possibilidade de reprodução das atividades com temas inovadores, para isso é fundamental o apoio e a participação dos docentes nesse processo, sobretudo os que vivenciam no contexto escolar.

Em uma próxima etapa constituinte do trabalho com a inovação científica nas escolas, de discussão nesta categoria, será comentado sobre o **conhecer e o pensar sobre as abordagens metodológicas de ensino no trabalho com a inovação**, tendo em vista que todas as etapas descritas até então, incluindo esta que será mencionada neste momento, oferecem o aporte necessário para pensar os objetivos da ação com inovação a ser desenvolvida, elas tendem a ser revisitadas na etapa de estipular os objetivos, podendo ser também modificadas a partir disso. Dessa forma, esta fase descreve, assim como as anteriores, momentos relacionados ao construir compreensões e pensar maneiras possíveis de estruturar o trabalho, e, o importante papel dos professores formadores na orientação e na mediação desse processo.

No fragmento a seguir, LPi8 reflete sobre o que é necessário para desenvolver o trabalho com a inovação: "*[...] não só conhecimentos sobre a química em si, e a inovação, o tema, tem que ter conhecimentos sobre o ensino também, para saber como trabalhar com a inovação química. Depois que tu compreendes o tema, a inovação, tem toda uma volta a percorrer até chegar no ponto de poder trabalhar ela na escola*." (LPi8Q). Não basta a compreensão sobre um conceito de inovação, nem mesmo, um aprofundamento conceitual sobre o tema a ser trabalhado, ou ainda, estar imerso dentro do contexto escolar. É preciso compreender sobre as possibilidades de abordagem desse conhecimento científico novo ou reformulado, para que ele seja

adequadamente didatizado para o espaço de ensino, e dessa forma, se torne um possível aprendizado significativo para os estudantes (Camargo; Daros, 2018).

Além do domínio sobre diversificadas estratégias e metodologias didáticas, conhecer e entender sobre o processo de didatização pode auxiliar no desenvolvimento do trabalho com a inovação. Em meio a esse contexto, compreender que existem diferentes "tipos" de conhecimento, como o científico, o cotidiano e o escolar, que eles se caracterizam por serem construídos em espaços diferentes, e, com intuitos e objetivos diferentes, que atendem à diferentes públicos e por isso, apresentam especificidades em suas formas e linguagens, é um fator determinante para realizar um trabalho consciente com relação à inovação na escola (Lopes, 1997a).

Nesse sentido, ao saber das diferenças existentes e possibilidades de articulação entre as esferas de conhecimento, é possível compreender que o ideal, no trabalho com a inovação, é que ocorra esse movimento de tornar um conhecimento científico em um conhecimento potencial a ser ensinável, ao contexto do ensino médio. E esse processo de mediação didática exige conhecer sobre as implicações nos processos de ensino e de aprendizagem, o que é referente ao campo de investigação e atuação dos professores formadores. Sendo eles capazes de auxiliar por meio de orientações sobre esse processo com a inovação, como descrito a seguir: "*A inovação é difícil de ser trabalhada porque ela exige muitas articulações. Ela exige grau de abstração, ela requer uma didatização, uma compreensão da natureza da ciência, um espaço de comunicação, que é você conhecer um contexto, até mesmo sobre essas notícias que estão sendo abordadas na mídia. A inovação requer tudo isso.*" (PESDi2TA).

Dessa forma, os professores formadores, assim, como os pesquisadores – especialistas, e os professores da escola básica, também possuem um papel importante no desenvolvimento do trabalho com a inovação. Por sua vez, os docentes dos cursos de licenciatura que investigam sobre os processos didáticos de ensino, podem contribuir nessa etapa, ao orientar, no sentido de discutir sobre o trabalho docente, sobre o processo de mediação didática do ensino de um tema inovador, a exemplo, o que se encaminhou por PESDi1: "*A ideia é de desenvolver essa autonomia, num primeiro momento, é de mediar esse processo, de instigar e auxiliar na compreensão de termos, linguagens, de estudo, de pesquisa, mas, depois, você*

vai querer que ele [estudante da escola básica] seja capaz de fazer isso sozinho" (PESDi1TA). No fragmento em destaque, é discutido pelo professor formador sobre a premissa de auxiliar no desenvolvimento de conhecimentos e habilidades docentes e discentes, que levem à autonomia relacionada à busca e a compreensão de temas inovadores, o que corrobora com o fomentado nos documentos oficiais que orientam o ensino médio (Brasil, 2018a; Brasil, 2018b; Rio Grande do Sul, 2021).

Além disso, os professores formadores também podem auxiliar orientando sobre o processo de didatização em si do conhecimento científico inovador, sugerindo abordagens mais contextualizadas e presentes no cotidiano dos estudantes. Como observado na fala da doutoranda em uma reunião com o grupo do PIBID: "*Dá para abordar o assunto trazendo uma contextualização inicial, e depois traçando associações com conteúdos escolares e o que é estudado recentemente na ciência*." (EPDPiTA). Ainda, ao sugerir adaptações e o estabelecimento de relações análogas, como presente no registro em uma fala direcionada aos licenciandos que trabalharam com o tema de fotocatálise e Química Verde: "*O que vocês fizeram foi justamente, adaptar com os recursos que vocês tinham em laboratório de pesquisa, a pesquisa produzida para a escola. Mas talvez um segundo passo, seja aproximar ainda mais essa adaptação do contexto escolar, pensado mais na escola em si. Claro, aí também, se perde um pouco mais dessa proximidade com a pesquisa, mas, talvez, fosse interessante pensar em analogias. Acho que é uma outra discussão.*" (PESDi1TA).

Todas as sugestões feitas pelos professores formadores durante o processo de construção das atividades que envolveram temas inovadores nas escolas foram capazes de promover e direcionar ou alertar para práticas pedagógicas mais consistentes e qualificadas. Isso reporta para a importância da participação dos profissionais pesquisadores no Ensino de Química no processo de didatização, ao fato deles serem conhecedores de teorias relacionadas à essa área, bem como de abordagens e metodologias variadas. Nesse sentido, a participação desses sujeitos se justifica em função de seus conhecimentos técnicos, políticos, sociais que se interligam às dimensões humanas e de estudo do objeto a ser ensinado, produzindo um conhecimento didático sobre ele (Cruz; André, 2014).

Em síntese, a participação de diferentes sujeitos, junto aos grupos de licenciandos, tendem a contribuir nas etapas de planejamento, sobre o processo de conhecer e pensar sobre o ensino de temas inovadores na escola, considerando a

importância de incluir a sociedade na produção de inovações em um contexto educacional, vale destacar a participação da comunidade (a qual seria de grande valia) como um todo junto ao ambiente escolar a fim de propiciar o desenvolvimento de Tecnologias Sociais resultando no impacto social almejado. Como ilustrado na Figura 13, esta tese defende a premissa de que se estimule o auxílio e a cooperação mútua entre diferentes instituições, como centros de pesquisa, universidades e escolas, bem como, a parceria entre os profissionais da pesquisa, os professores formadores e os docentes da escola básica, como forma de articular um trabalho potente sobre a inovação, como já mencionado.

Figura 13 - Rede de apoio para estabelecer condições favoráveis ao trabalho com a inovação científica nas escolas

Fonte: Autoria própria.

A próxima etapa no desenvolvimento com questões de inovação na escola a ser discutida, diz respeito ao **estabelecer dos objetivos para o trabalho com a inovação**. Essa etapa se organiza a partir das demais mencionadas anteriormente: do entendimento de um conceito de inovação; da compreensão e apropriação conceitual mais profunda sobre o tema inovador em questão; do conhecimento sobre o contexto escolar específico em que a inovação será trabalhada; e ao considerar sobre estratégias que irão possibilitar o Ensino de Química com relação a inovação. Os quais podem contar com o apoio de pesquisadores, dos professores formadores e da escola básica, ainda, faz-se necessário o ato de estipular os principais objetivos de trabalhar no espaço escolar, com a inovação. Para esta etapa, se revisita todas as etapas anteriores mencionadas, pois é a partir do processo desenvolvido até então,

que ocorre a decisão dos objetivos, tendo consciência sobre tudo que já se determinou sobre a inovação e seu modo de trabalho na escola, porém, esse processo não é algo linear, por consistir em considerar várias possibilidades sobre os novos temas, dessa forma todas essas etapas se retroalimentam simultaneamente a ponto de orientar os intuitos e possíveis caminhos para o trabalho; sendo assim, é indicado que ao definir os objetivos com base no conhecimento das possibilidades já averiguadas nas etapas anteriores, se repense, se necessário, sobre elas também, principalmente sobre os conceitos inovadores a serem trabalhados e, as abordagens que serão utilizadas. Isso porque, pensar sobre o que se almeja ao ensinar novos conhecimentos, conceitos, e/ou assuntos que envolvem a Química na atualidade, implica em um ato de seleção, a exemplo de temas e conteúdos, a partir de objetivos que se almeja alcançar. Como já é sabido, pensar o currículo de um modo geral como forma de organização, deve gerar reflexão consciente (Silva, 1999; Hornburg; Silva, 2007).

Nesse sentido, ao professor, para o planejamento é preciso ter um conceito de inovação bem determinado, para que se saiba qual o intuito central em trabalhar com essas questões, e qual o objetivo que se deseja alcançar com os estudantes por meio desse processo (primeira etapa). Ao conhecer alguns dos temas recentemente estudados na Química, e possuir domínio conceitual sobre o conhecimento científico inovador, é possível determinar o que seria imprescindível de ser ensinado sobre a inovação, o que seria mais e menos importante que os estudantes compreendessem sobre a temática trabalhada (segunda etapa). Conhecendo o contexto escolar, suas possibilidades, limitações, bem como, os conhecimentos prévios dos estudantes, seus interesses, o que costuma dialogar com as suas realidades atuais; seria possível confirmar ou reestruturar o processo de seleção em relação aos conhecimentos sobre inovação Química, que se considera necessário de serem trabalhados, podendo ainda, identificar possíveis correlações e inter-relações entre a inovação e o contexto dos estudantes (terceira etapa). E por fim, entendendo que o processo de levar ao âmbito escolar a inovação científica é um movimento de transformação de um conhecimento (científico) em outro (escolar), e que isso requer conhecer e selecionar formas possíveis de abordagens e metodologias diversificadas e condizentes de ensino para tal inovação (quarta etapa). A partir dos entendimentos estabelecidos nesse processo inicial (com as quatro etapas até então descritas), é possível dar continuidade ao processo e planejar os meios de trabalhar a inovação na escola,

estabelecendo os objetivos (quinta etapa) e se necessário, revendo e readequando o que já havia sido pré-estruturado nas etapas anteriores. A qualidade das ações de inovação, a serem desenvolvidas e que começam a ser postas em prática de fato, após esse quinto estágio, depende da realização dos estágios ou etapas anteriores, que irão guiar o processo de traçar objetivos e ao mesmo tempo serão mais bem definidas por ele, ao ponto em que estabelecem premissas a serem consideradas para esta etapa.

Ou seja, a partir do discutido até então, se percebe que o trabalho com questões de inovação Química no Ensino Médio, em relação a estabelecer objetivos para esse processo de ensino, também busca por meio da determinação das etapas mencionadas acima, responder às seguintes indagações: O que é a inovação e qual seu propósito? (com que finalidade, qual intuito central nisso); O que ensinar sobre inovação? (quais os conceitos necessários para possibilitar um entendimento sobre o tema, o que se deseja que o estudante compreenda sobre o tema); Para quem se está ensinando a inovação? (esse estudante já conhece sobre o tema, o que ele gostaria de saber, o que pode ser relacionado a este tema); Como ensinar sobre inovação? (qual forma de ensinar, o que é possível de se utilizar para o ensino). Há então, um movimento de revisitar sobre as etapas anteriores relacionadas ao desenvolvimento do trabalho com a inovação científica na escola. Porém, nessa etapa de traçar objetivos, buscando uma sistematização inicial e considerando para isso, o estabelecimento de possibilidades ideais, sem ignorar os desafios e as reais condições encontradas para esse processo.

Quando se pensa em relação a objetivos traçados com relação à compreensão de um conceito de inovação (primeira etapa), aplicado a uma possível finalidade que se tenha com a realização desse trabalho nas escolas, surgem objetivos que remetem ao porquê ou para quê, discutir sobre inovações científicas nas escolas. Nesse sentido, se destacam como exemplos os fragmentos dos licenciandos, ao refletirem e objetivar suas ações práticas de inovação: "*Ambas as atividades extensionistas buscam desenvolver o senso crítico dos estudantes quanto a tomada de decisões deles em relação a implicações sociais, políticas e econômicas diretamente relacionadas a preservação ambiental.*" (LDi3R); "*Acredito que dê para adaptar experimentos, trazer discussões do que se está produzindo na universidade e também informar os alunos de coisas diferentes*." (LPi1Q). Nos fragmentos acima, se percebe

um intuito amplo, geral, que é abrangente, central, e diz sobre o que se deseja alcançar nos estudantes da escola básica, por meio do trabalho com a inovação. Isso corrobora com perspectivas fomentadas em documentos que orientam e regularizam a etapa do Ensino Médio, em que se almeja o desenvolvimento de uma consciência social e ambiental, bem como à aproximação da sociedade com a pesquisa, de forma que os estudantes possam compreender, saber gerir e/ou lidar com inovações (Brasil, 2018a; Brasil, 2018b; Rio Grande do Sul, 2021).

Ao relacionar o estabelecimento de objetivos que dizem respeito a busca por determinar o que é imprescindível de ser ensinado em relação ao conhecimento químico sobre o tema inovador, e considerando, para isso, um maior domínio conceitual (segunda etapa) sobre determinada temática investigada pelos licenciandos, destacam-se os seguintes fragmentos que denotam possibilidades: "*Além de problematizar as representações de nanotecnologia presente em filmes, séries, videojogos, etc., estudar os princípios da nanotecnologia e suas aplicações"* (LDi6R); "*Porém, a gente pode pegar e mostrar para eles sobre a pesquisa, usando alguns conteúdos que se relacionam, por exemplo, interações intermoleculares... apresentar para os alunos os conceitos, as interações que acontecem [...]"* (LPi8TA); *"O principal objetivo deste experimento é que as turmas de estudantes consigam relacionar a propriedade magnética da magnetita com suas propriedades nanoscópicas"* (LDi7R); *"[...] explicar a definição de um catalisador como uma substância química utilizada para acelerar uma reação química e dizer que, no caso do experimento que iríamos realizar seria utilizado um fotocatalisador, que é uma substância que permite que outras absorvam a luz visível e que assim a reação ocorra de maneira rápida."* (LDi3R). As possibilidades pensadas pelos licenciandos visam estabelecer sobre a construção de alguns dos conhecimentos importantes de serem ensinados, pensando os conceitos científicos envolvidos nos temas trabalhados, a alguns focos associados ao que se deseja que os estudantes aprendam ou ainda entendam em um primeiro nível de relação/compreensão.

Ainda levando em consideração que durante o desenvolvimento das atividades com temas inovadores, os licenciandos que participavam diretamente desse processo de planejamento e elaboração, não tiveram um contato desejado, com relação ao reconhecimento dos contextos escolares em que se desenvolveriam as ações, em função do calendário incompatível entre universidade e escolas. Para as atividades

descritas, na definição dos objetivos, foi considerado o nível de ensino em que os estudantes estariam, bem como a adaptação da discussão objetivada nas atividades, de acordo com o momento de interação inicial que se planejava ter com os estudantes.

É possível identificar a partir dos seguintes fragmentos a seguir, um certo direcionamento das práticas sobre inovação às especificidades dos estudantes da Educação Básica, o que é sugerido (terceira etapa) e pode auxiliar no estabelecimento de objetivos condizentes com a realidade escolar. Além disso, a partir de um assunto frequente na cultura dos jovens, buscou-se aproximar o tema do contexto dos estudantes, como forma de contornar ao máximo, o desconhecimento sobre o contexto específico das escolas e dos alunos: *"[...] o Segundo Momento e explicamos a parte mais conteudista, ou seja, toda a teoria por trás da nanotecnologia e relacionando ao conteúdo que a respectiva turma seria capaz de compreender, por exemplo, nas turmas de 3° ano trabalharíamos a questão do grafeno, bem como as suas estruturas do carbono, já que é um conteúdo previsto no itinerário formativo."* (LDi5R); "*Cabe destacar que a partir das respostas deles é que pretendemos ir construído e reforçado os conceitos [..]"* (LDi3TA). "*A ideia do projeto de extensão intitulado: 'Não é feitiçaria, é nanotecnologia!', surgiu após uma discussão sobre como poderíamos tornar o tema de nanotecnologia menos 'científico demais' (muito teórico e que correria o risco de não despertar o interesse dos estudantes) e mais dinâmico e presente na vida deles."* (LDi5R).

Ainda nesse movimento inicial de pensar ideias e estabelecer objetivos para o trabalho da inovação científica na escola, é preciso considerar os conhecimentos acerca da variação de metodologias e abordagens relacionadas ao Ensino de Química (quarta etapa). Como exemplo, se pode citar os fragmentos representativos das falas do licenciando, em que ele juntamente com seu grupo, menciona sobre a utilização da experimentação como forma de auxiliar os estudantes a compreender sobre os conceitos abordados, para além das outras metodologias já empregadas: "[...] *no Terceiro Momento, iríamos sugerir um experimento que pudesse trabalhar a teoria estudada, no caso, a síntese de nanopartículas magnéticas de magnetita conforme proposto por Rebello et al. (2012). Dessa forma, as turmas iriam relacionar os outros dois momentos com esse experimento, por isso, esperam-se que os estudantes consigam enxergar pelo menos uma parte de toda a teoria estudada, através desta prática."* (LDi5R). Utilizar de abordagens experimentais no Ensino de Química pode

contribuir de forma significativa, despertando interesse, levantando questionamentos e auxiliando na construção de associações entre teoria e prática, por parte dos estudantes (Guimarães, 2009). Inclusive a realização de práticas experimentais é sempre destacada pelos docentes das escolas como uma demanda, haja vista a dificuldade deles próprios desenvolver junto às suas turmas.

Ainda associado à intencionalidade da atividade há a possibilidade de tecer discussões acerca da natureza da Ciência, como exemplificado no seguinte trecho: *"[...] o nome 'Não é feitiçaria, é nanotecnologia' foi escolhido, já que muitos dos fenômenos observados nos filmes acabam sendo confundidos com feitiços (embora seja citado como efeito da nanotecnologia. Vale ressaltar que nos filmes é tratado de forma muito fantasiosa e não está de acordo com a realidade, mas tem como relacionar com alguns conceitos)"* (LDi5R). Nesse caso, o trabalho com o tema de nanotecnologia, objetivava perpassar questões relacionadas a desmistificação dessa temática conforme costuma ser representada nas mídias. Descontruir visões equivocadas ou simplistas em relação ao conhecimento científico e sua produção, pode contribuir para uma formação cidadã, viabilizando a maior compreensão e atuação ativa na sociedade (Rosa; Schnetzler, 1998; Moura, 2014).

Após buscar estabelecer objetivos a serem alcançados por meio do trabalho com a inovação científica no contexto escolar, a próxima etapa está centrada na consideração desses objetivos como forma de delimitar o quanto será necessário negociar a linguagem científica como maneira de tornar o novo conhecimento acessível e ensinável ao meio de ensino. Em virtude disso, a definição de objetivos em relação ao trabalho com a inovação se faz importante, pois eles servirão de base não apenas na organização e estruturação da ação, mas também porque a partir do seu entendimento, configura-se o processo de didatização e conversão do conhecimento advindo da Ciência, ainda pouco difundido, em conhecimento químico escolar.

Outro momento importante transposto em uma etapa, envolve **encontrar o ponto de convergência ideal para o trabalho com a inovação na escola e para realizar a articulação entre os conhecimentos**. Isso pode ser compreendido ao estabelecer o que é imprescindível de ser ensinado, em função do que se deseja que os estudantes aprendam, considerando o processo de facilitar o acesso ao novo conhecimento, sem descaracterizá-lo totalmente. Nesse sentido, cabe perceber até

que ponto é possível adentrar e avançar pelo tema inovador, nos conceitos envolvidos, ao trazer e contextualizar as informações, sem que este conhecimento perca, na íntegra, sua essência e gênese. E, ao mesmo tempo, atingir o interesse e a compreensão dos estudantes da escola básica. Esses cuidados podem ser percebidos, como mencionado pelo licenciando nos trechos em destaque a seguir, quando comentava sobre o modo como vê o processo de didatização do conhecimento inovador: "*[...] porque tem uma linha tênue entre levar uma pesquisa para a escola, com termos e linguagens diferentes das que eles conhecem, e expor algo muito aprofundado para eles, sem que esse conhecimento também perca o sentido, ou fique muito distante da realidade da pesquisa que se está apresentando para eles. Então, tem que se pensar bastante, selecionar os conceitos, e ter os objetivos bem claros para o trabalho com a inovação ter sentido."* (LPi9TA); "*Acho que é difícil acertar o quanto didatizar algo... no caso, levar um conhecimento aqui da universidade, sem que ele perca o sentido na escola, mas de forma que ele possa ser compreendido lá. É uma linha tênue, de um ponto adequado, nessa transposição do conhecimento."* (LPi9TA).

Os fragmentos de LPi9 indicam que é uma etapa bastante complexa, no processo de trabalho com a inovação científica na escola básica, a de encontrar o ponto ideal de conversão para os conhecimentos a serem ensinados. O que corrobora também, com o trecho destacado pelo licenciando a seguir: "*É difícil pensar até que nível eu posso levar a prática com a inovação e que vai agregar no conhecimento dos alunos."* (LPi8TA). Os licenciandos demonstram preocupação com relação a lidar com a complexidade do tema, como os relacionados à produção de novos materiais que envolvem o processo de adsorção para fins de remediação ambiental, de forma que ele, ainda assim, seja compreensível e relevante para o estudante. Nesse sentido, é importante considerar, além dos objetivos propostos - os quais vão descrever sobre o que seria o melhor esperado, as possibilidades e potencialidades com a ação - o nível conceitual e cognitivo dos envolvidos nesse processo, e que irão estabelecer os limites que necessariamente devem ser respeitados. Como aponta o licenciando no seguinte trecho: "*É um desafio transformar o conhecimento científico em um conhecimento que os alunos, de certa forma, entendessem."* (LDi3TA).

Essa etapa no trabalho com a inovação na escola, sendo caracterizada como uma espécie de "dosagem" entre vários aspectos de conhecimento e reconhecimento

sobre o tema inovador e a realidade dos estudantes, exige um exercício de reflexão constante, em que os objetivos previamente estabelecidos irão mobilizar o processo, mas são passíveis de mudança e adequação. Nesse movimento, que nesta etapa se torna mais prático de fato, o reconhecimento sobre a realidade escolar e dos estudantes (contexto) é fundamental para estruturar e fundamentar as potencialidades e limites de abrangência e aprofundamento conceitual com a ação desenvolvida (estabelecem o ponto de convergência em si). Durante esse percurso, a reflexão, o surgimento de novas ideias e a reconstrução do planejamento podem ocorrer de modo a aprimorar o trabalho com a inovação. Até porque, o processo de construção da didatização e transformação dos conhecimentos, exige uma dialogicidade complexa e constante entre esses fatores acima mencionados. Afinal, o intuito é auxiliar os estudantes na aproximação com a inovação científica, considerando, para isso, seus conhecimentos prévios, em função da promoção de um conhecimento químico escolar que envolva também, as inovações científicas que permeiam a sociedade atual e suas questões (Lopes, 1999).

Um dos pontos centrais da prática de ensino que envolve temas de inovação científica, consiste na etapa de **assumir uma negociação de linguagem com vistas a criar aproximações entre o novo e o conhecido** (sétima etapa), essa etapa se funde à anterior, no sentido de que não são bem delimitadas entre si, porém, ao encontrar o ponto de convergência e articulação entre os conhecimentos, naturalmente se prossegue a sétima etapa em questão, do que é referente ao discurso científico e "adaptável" ao contexto escolar. É importante ressaltar, que o processo de didatização como um todo, não deve ser visto como uma mera adaptação. Isso porque, na realidade, o que se busca é a produção de um novo conhecimento, com características cognitivas e objetivos próprios, porém, assumindo que o conhecimento científico possui códigos, linguagens e significados advindos da cultura da Ciência, é importante que haja uma negociação desses termos em relação a perspectiva escolar (Lopes, 1999; Sangiogo; Marques, 2016).

Realizar esse processo de negociação de linguagens entre diferentes contextos, que se assemelha à uma espécie de "adaptação", e que é parte integrante da didatização, é bastante complexo. Essa preocupação também se manifesta nos trechos a seguir, em reflexões sobre a atividade com tema de fotocatalisadores e Química Verde: *"[...] o processo de didatizar os conhecimentos que eu tenho, acerca*

de Química Verde e reações fotoinduzidas, de uma linguagem bastante científica para uma linguagem mais simples, que fosse de fácil entendimento para os alunos, são grandes desafios a professores em formação inicial." (LDi3TA); "*nas turmas de 1º ano do Ensino Médio, quase todos os conceitos envolvidos (Química Orgânica, reações fotoquímicas, estrutura química dos fotocatalisadores) eram totalmente desconhecidos aos alunos, sendo necessário um processo de negociação da linguagem científica para uma linguagem que fosse entendida por estes alunos."* (LDi3R). Em um outro fragmento representativo, segundo o licenciando, após a apropriação da linguagem científica pelo docente, é necessário auxiliar os estudantes da escola com relação à compreensão desse significado, ou seja, realizar essa negociação de linguagem pode ocorrer por meio do estabelecimento de "correlações": "*Às vezes é difícil porque tu não conheces os termos né... E depois tu tens que apropriar o aluno sobre aquele termo, e é difícil porque tu não tens essa correlação."* (LPi1TA).

O ato de buscar por possíveis correlações entre o conhecimento científico inovador e o que já é conhecido e familiar para os estudantes, implica em buscar aproximações entre o novo e o cotidiano. Como destacado no trecho a seguir, se utilizar de conhecimentos pré-existentes sobre um tema, seria como trabalhar sob uma zona inicialmente confortável aos estudantes: "*Uma maneira eficaz de trabalhar com a inovação é elencar ela ao que já é feito, o que é conhecido. Dessa forma, pode dar certo. Porque os estudantes gostam muito do que já é conhecido para eles, então trabalhar em uma primeira parte da aula, o que é familiar, essa zona de conforto deles, e depois trazer um desafio, uma inovação. Sabendo até onde ir, até o quanto avançar num novo conhecimento, para que eles possam desenvolver esse conhecimento."* (LPi8TA). Segundo o licenciando, abordar a inovação e os novos conhecimentos correspondentes a ela, de maneira a conduzir os estudantes à uma evolução conceitual sobre o que já é por eles conhecido, para posteriormente compreender mais a fundo, ou até mesmo, superando a visão simplista que eles podem possuir sobre determinado tema, que está direta ou indiretamente ligada à inovação, é uma boa forma de desenvolver a etapa de criar aproximações. O que corrobora com a perspectiva de que as inter-relações entre os diferentes tipos de conhecimento, pode permitir uma melhor compreensão sobre a Ciência e seu produto, ao buscar

estabelecer relações com a natureza do conhecimento científico (Bachelard, 1996; Sangiogo, 2014).

A discussão sobre a conexão entre o novo e o que é conhecido, como forma de iniciar a abordagem, também é mencionada pelo professor formador, ao comentar sobre a forma utilizada pelo grupo de licenciandos que trabalhou com o tema de nanomateriais, iniciando a discussão através da temática de filmes de super-heróis que se utilizam da nanociência como forma de adquirir superpoderes: "*Até para nós [professores formadores] é difícil acompanhar esse raciocínio da ciência, e de didatizar esses conhecimentos. Vocês [licenciandos] estavam inserindo esse conceito, que é novo no contexto deles [estudantes da escola básica], e fizeram bem, trazendo o discurso da mídia, e tentando aproximar [...]"* (PESDi1TA). Além disso, no fragmento destacado a seguir, se percebe outras associações feitas pelos licenciandos, a fim de aproximar o tema de fotocatálise com fenômenos já conhecidos pelos estudantes: "*No início talvez eles [estudantes da escola básica] tenham ficado meio que viajando, mas depois vocês [licenciandos] trouxeram exemplos da radiação... com as roupas, com os corantes, e explorando a total relação dos corantes com a radiação. Então vejam como vocês conseguiram esse processo de didatizar algo que está no laboratório, que é basicamente interação da energia com o corante, e trazendo esses exemplos."* (PESDi2TA).

Houve a busca de trazer exemplificações, com o movimento de tecer aproximações por meio, de criar relações entre o conhecimento científico inovador com a vida cotidiana dos estudantes, e também, o contexto escolar, por meio da abordagem de conteúdos escolares já trabalhados. Se pode destacar alguns fragmentos representativos dos licenciandos, extraídos a partir das atividades que foram desenvolvidas no contexto escolar e suas percepções referentes às inter-relações que foram desenvolvidas: "*Como eram temas novos, inovadores, a gente buscou apresentar para os alunos a partir do cotidiano deles, para então trabalhar os conceitos. Abordamos como exemplos de reações fotoquímicas, o desbotamento das roupas, a fotossíntese das plantas, o bronzeamento de nossa pele, o escurecimento das lentes de óculos. Então, foi explicado, o que são compostos luminescentes, que tem capacidade de emitir luz, e nesse caso, a gente usou como exemplo, as pulseiras luminescentes, que são exemplos do cotidiano dos alunos, os fogos de artifício, os interruptores de luz. E aí, a gente começou a relacionar isso com o modelo atômico*

de Bohr." (LDi4TA); "*A gente começou a explicar o que era a síntese orgânica, usando como exemplo, o preparo de um chá, que é um processo cotidiano e que permite extrair compostos de carbono de substâncias naturais, e foi comentado então, que, assim como existem em compostos naturais, também é possível produzir em laboratórios de pesquisa ou industrias, permitindo a obtenção de diversos materiais, como materiais poliméricos por exemplo, que são plásticos. Em seguida, a gente comentou também, sobre os danos ambientais que as industrias acabam causando, para daí, conseguir explicar o que era química verde. Explicando sobre química verde, a gente pode explicar que para evitar um grande gasto de energia, pra promover as reações químicas, começaram a surgir fontes alternativas de energia, como por exemplo, a luz visível, então que são essas reações fotoquímicas."* (LDi3TA).

Nos trechos acima mencionados, podemos observar o movimento de estabelecer inter-relações, por meio do exemplo produzido na atividade que tratou sobre o tema de fotocatalisadores e Química Verde. Nesse caso, foi utilizado o conhecimento cotidiano dos estudantes, ao se referir ao desbotamento de roupas, o escurecimento de lentes de óculos, como fenômenos corriqueiros. Isso para que, então, os estudantes pudessem compreender a discussão que estava sendo produzida, e suas relações com o dia-a-dia. Essa foi a maneira que o grupo buscou chamar a atenção, a curiosidade nos estudantes, em relação ao tema inovador discutido. O qual, por sua vez, também poderia ser relacionado à conteúdos escolares que os estudantes já conheciam, como no caso, o modelo atômico de Bohr, possibilitando, assim, uma maior compreensão sobre a Ciência Química envolta aos fenômenos cotidianos, bem como aos avanços que estão sendo produzidos na Ciência (Lopes, 1999).

Diante ao exposto, há indícios de que foram abordados os conhecimentos advindos de diferentes contextos, como do cotidiano (por meio da exemplificação de fenômenos), do científico (ao se informar e produzir sobre atividades experimentais relacionadas à inovação), e do escolar (ao explicar e didatizar os fenômenos, por meio de conteúdos escolares, buscando elencar a eles, novos conceitos e informações sobre a inovação). Além das inter-relações entre essas três formas de conhecimento (Lopes, 1999), o que é desejável nesse processo de didatização do conhecimento químico inovador. É fundamental destacar que o estabelecimento das conexões entre os diferentes conhecimentos, ocorreu por meio da abordagem de *quatro pilares*; que

podem ser considerados como importantes *orientações* para o trabalho com a inovação na escola, e que ocorrem ao longo do processo de mediação didática, mas que se mostram mais eminentes nas etapas seis e sete em que o trabalho é mais prático, sendo eles: o cotidiano dos estudantes; a inovação em si a ser trabalhada; os conteúdos escolares que vão fornecer as explicações sobre a Química envolvida; e as discussões sociais que permeiam o tema da inovação (como simplificado na Figura 14). Na atividade que envolvia o tema de fotocatalisadores e Química Verde, por exemplo, os quatro pilares foram trabalhos: ocorreu a abordagem envolvendo o que era conhecido aos estudantes, conforme o cotidiano (as pulseiras de neon, o desbotamento das roupas, etc.); articulando à questões de inovação na Ciência (catálise por meio da interação de compostos com a luz); além disso, conceitos e conteúdos escolares de Química foram discutidos como (modelo de Bohr, estrutura atômica, Química Orgânica); bem como a discussão sobre os problemas ambientais causados pelas indústrias que foi relacionada à Química Verde, debatendo assim, e apresentando essa filosofia como uma alternativa.

Figura 14 - Ilustração dos quatro pilares indicados para o trabalho com a inovação científica de Química na escola

Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, a elaboração dessas inter-relações entre os conhecimentos, e os quatro pilares já apontados (cotidiano, inovação, conteúdos escolares e questões sociais), representam uma potente forma de dar sentido aos novos conceitos que estão sendo introduzidos ao processo de Ensino de Química, e que atingem a sociedade atualmente. O quarto pilar, referente ao debate de questões sociais,

configura-se um elo entre os quatro pilares, ao potencializar ainda mais a contextualização, no sentido social, da relação da inovação com a sociedade. Isso pode auxiliar no desenvolvimento de um pensamento crítico relacionado ao tema inovador abordado, cooperando para um maior entendimento sobre o que é a Ciência e sua produção, seus efeitos, sejam eles positivos e negativos (Brasil, 2018a; Chalmers, 1993). As implicações sociais podem ser oriundas dos setores: ambiental, como a exemplo das atividades que discutiram o efeito de fotocatalisadores e a diminuição no gasto energético de processos químicos, da produção de novos polímeros para fins de remediação ambiental, ou como da produção de hidrogênio verde (como fonte de energia limpa); econômico, ao apresentar novas tecnologias que possibilitam baratear custos de determinada produção; à saúde humana, como no caso da atividade que discutiu nanomateriais utilizados no tratamento de câncer; da natureza da Ciência, como apontado na atividade de nanotecnologia apresentada pela mídia como fantasiosa; entre outros.

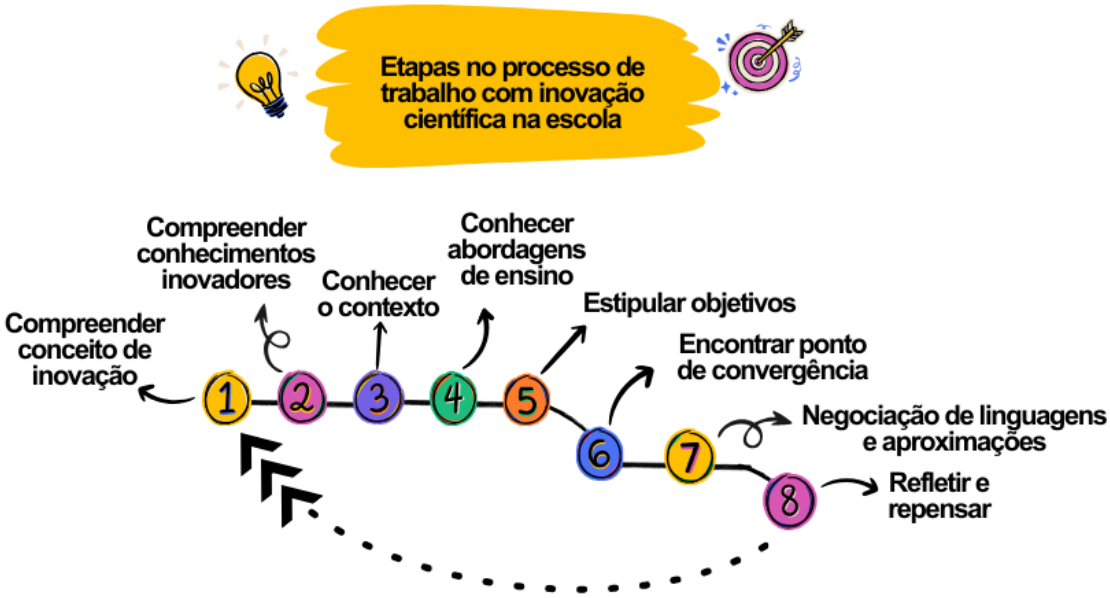
Conforme destacado pelo professor formador: "*O processo de didatização da inovação, seria um processo de significação e de relação, aproximação, de relação com o cotidiano. É uma tentativa de contextualização, mas não bem isso, porque envolve um primeiro movimento de relação, de eles [estudantes da escola] conseguirem associar de forma mais primitiva esses conceitos, com coisas que já existem na vida deles, no cotidiano deles, e talvez com um olhar até mais crítico agora... no sentido de: "não é tão simples, existe toda uma dificuldade por trás da ciência*"." (PESDi1TA). Nesse trecho, se ressalta sobre o processo de didatização (o qual para este trabalho, tem como base o processo de mediação didática) a busca por estabelecer inter-relações entre diferentes tipologias de conhecimentos, por meio da compreensão sobre inovação, na busca de maiores relações que podem chegar ao conceito de contextualização, a partir de um aprofundamento conceitual sobre um determinado tema que se deseja trabalhar. No entanto, isso exige o entendimento sobre o contexto em que as ações ou abordagens sobre a inovação na escola. A formulação de objetivos para esse trabalho, um processo de encontrar o ponto de conversão de conhecimentos inovadores da Ciência, para o contexto escolar, ao tornar a temática da inovação acessível, compreensível e significativa para os estudantes, mais próxima do cotidiano deles.

Esta tese se fundamenta na compreensão do processo de mediação didática (Lopes, 1997b), de todo um processo de preparo, das etapas mencionadas acima, que fornecem subsídios para que ocorra a articulação entre esses quatro pilares: o cotidiano, a inovação, o conhecimento químico escolar e discussões sociais. Acreditamos que, por meio dessa sequência de etapas, bem como da premissa de articulação entre os quatro pilares, seja possível elaborar um trabalho com a inovação que tenha potencial de ensino e seja significativo aos estudantes. De modo que eles possam, no mínimo, compreender conexões e inter-relações sobre uma temática inovadora, sobre o processo de construção científica e tecnológica, sobre as constantes inovações que estão ou serão presentes na sociedade, no seu cotidiano. Além disso, é importante que percebam que o espaço escolar acompanha esse processo de construção da Ciência inovadora e da sociedade e, mesmo que num movimento inicial, de trabalho com a inovação científica na escola, estabeleça associações que permita aos estudantes buscar, a partir disso, o aprofundar e o aprender mais. Como destacado pelo professor formador, a partir das aproximações feitas pelos licenciandos: "*às vezes a gente [professores] fala algo para conseguir associar à alguma coisa que existe, mas se eles [estudantes da escola] forem aprofundar, vão perceber que não é tão igual quanto as vezes podia parecer."* (PESDi1TA).

O processo de mediação didática do conhecimento inovador para a Educação Básica, por ser bastante complexo, configura um movimento de aproximação inicial e, posterior, aprofundamento dentro do tema - movimento de ir e vir, não linear, representando associações e rupturas, descontinuidades nos conhecimentos escolares construídos, em elaboração conceitual (Vigotski, 2001; Lopes, 1999; Sangiogo; Zanon, 2014). Essa compreensão denota essa necessidade de **repensar o desenvolvimento do trabalho com a inovação** por parte dos docentes, sendo esta a oitava etapa. A ação de refletir sobre o percurso e os possíveis resultados obtidos com esse trabalho é tão essencial quanto as demais etapas, pois permite uma avaliação desse processo, com intuito de aprimorá-lo e continuar reformulando a construção. Essa premissa não se justifica apenas em função da busca pela melhoria e aprimoramento do trabalho desenvolvido, mas, também, porque a inovação no ensino exige um processo de continuar inovando e se reformulando, de modo ao que se caracterizar como inovação (Carbonell, 2002).

Nesse sentido, o processo se finda e se reinicia na oitava etapa, como sistematizamos na Figura 15 a seguir, o processo de transformação do conhecimento científico inovador em conhecimento químico escolar, se dá a partir de etapas explicadas nesta tese, e que devem ser compreendidas como em movimento constante, sendo que não há problema algum em revisitar etapas anteriores para melhor estruturar e (re)adequar o trabalho às necessidades e especificações de cada contexto. Embora exista uma sequência de etapas pré-determinadas o ponto da quinta etapa sofre um desnível na imagem como forma de destacar, que o estabelecimento dos objetivos, querer revisitar as etapas anteriores. Além disso, a partir da quinta etapa o processo de didatização em si, começa a ser posto em prática de fato, até alcançar a oitava etapa (também em desnível em relação às outras na imagem) em que se denota a importância da reflexão no trabalho com a inovação, e a necessidade de retomar e repensar todo o processo.

Figura 15 - Etapas no processo de trabalho com temas inovadores da Química na escola



Fonte: Autoria própria.

Ao compreender a importância da oitava etapa – de reflexão sobre o trabalho desenvolvido – devemos destacar o que emergiu dela neste processo, frisando uma outra possibilidade, no trabalho com a inovação, que seria de desenvolver um processo mais longo de atividades e de acompanhamento, ao se estabelecer uma sequência didática, por exemplo, diferente da abordagem no formato de oficinas em uma ou duas horas/aula.

Dessa forma, haveria mais tempo para compreender sobre a inovação trabalhada, o contexto em que ela seria desenvolvida, pensar as estratégias didáticas, e os objetivos com o trabalho. Ao mesmo tempo, permitiria melhor relacionar as temáticas da inovação em Química com os conhecimentos prévios dos estudantes, o cotidiano, os conceitos químicos escolares, e as questões sociais que envolvem a inovação em questão. Nesse caso, o processo de avaliação das atividades poderia ser mais bem avaliado, considerando a complexidade do processo, do percurso, como mencionado pelo professor formador e dois licenciandos, ao refletirem sobre o desenvolvimento das ações, suas possibilidades e meios de avalia-las: "*Investigar o que restou de uma ação, o que os estudantes compreenderam sobre ela, é bastante complexo, não só em uma abordagem mais diferenciada como essa, mas até em aulas mais tradicionais, e em uma sequência de aulas. Nessa atividade, me parece que eles começaram a fazer associações, e isso é bom. É um movimento inicial."* (PESDi1TA); "*No roteiro e na atividade que a gente desenvolveu a partir das pesquisas com o grupo da físico-química, eu senti falta de trabalhar mais com a teoria, com os conceitos. Mas, para isso, deveria ter mais tempo, e apoio para ter maior abertura em relação a desenvolver uma sequência com os temas. Até para a gente poder avaliar melhor o trabalho."* (LPi8TA); "[...] *a implementação de um sistema de avaliação contínua é proposta para mensurar o impacto das atividades de extensão, garantindo que os objetivos sejam alcançados e proporcionando uma base para identificar áreas de melhoria em intervenções futuras."* (LDi1R). Conforme exposto, desenvolver sequências didáticas permite melhor acompanhar os indícios de aprendizagem dos estudantes, suas novas compreensões sobre o tema inovador e a evolução conceitual desenvolvida por eles em relação ao conteúdo químico, explorando, ainda, possíveis mudanças sobre perspectivas que envolvem uma consciência crítica e voltada à cidadania, abrangendo assim, uma formação integral na etapa da Educação Básica (Brasil, 2018a; Brasil, 2009). Esta, talvez, seria um cenário ideal para contemplar o trabalho com a inovação científica nas escolas.

Na etapa de repensar o trabalho com a inovação na escola, é fundamental obter e considerar *feedbacks* dos estudantes que participam das ações, como aponta L1 em seu relatório de atividades: *"[...] a coleta de feedbacks dos participantes, incluindo alunos e professores, é destacada como uma prática essencial para compreender melhor o que foi bem-sucedido e identificar oportunidades de aprimoramento em*

futuras atividades de extensão. Essas considerações buscam enriquecer a abordagem e a eficácia das interações universidade-escola." (LDi1R). Nesse sentido, há registros que sugerem estratégias de coleta de dados com os estudantes das escolas, como entrega de questionários e afins. As atividades avaliativas, a partir dos questionários entregues aos estudantes, foram avaliadas pelos licenciandos, os quais agregaram percepções e reflexões em relação as reações dos estudantes das escolas, como: "*Os alunos fizeram sugestões sobre como melhorar a atividade... eles sugeriram utilizar óculos de proteção para a luz, assim poderiam observar melhor o que acontece no experimento. E, também, utilizar mais álcool na diluição dos catalisadores para, assim, ver melhor o que acontece. Além disso, que a gente poderia ensinar mais sobre química."* (LDi3TA).

A partir desse processo de avaliação sobre o trabalho desenvolvido, é natural que sejam encontrados pontos que possam ser melhorados no trabalho. Isso faz parte do trabalho do docente, de refletir constantemente sobre a própria prática (Maldaner, 2003; Sangiogo; Marques, 2016). Nesse sentido, ao trabalhar com a inovação, o processo de autoavaliação pode apontar para novas perspectivas, ideias e aprimoramentos, como destacado pelo professor formador e pelos licenciandos, ao discutir sobre os *feedbacks* dos alunos da escola: *"Vale tentar aprimorar a questão do experimento, da luz azul... porque vocês [licenciandos] buscaram fazer essa transposição do que fazem no laboratório, para a escola. E vocês só perceberam o que poderia ser melhorado após fazer esse processo, de levar para a escola. É aí que a gente se dá conta do que poderia ser melhor."* (PESDi2TA); e *"[...] explicar melhor o que aconteceu no experimento, utilizando por exemplo o quadro branco e marcadores, e pensar em um modo de realizar o experimento com os leds azuis com maior segurança e melhor visualização do que está ocorrendo."* (LDi3TA).

Esse movimento de repensar e reajustar o trabalho, por envolver um tema da inovação na escola, pode ter resultados não esperados, por buscar o ensino de temas novos que, em muitos casos, são pouco trabalhados na escola, tendo poucos materiais didáticos disponíveis na literatura, sendo necessário desenvolver diversas adaptações, que são importantes de serem repensadas pelo professor, após a reflexão sobre a práxis. As reflexões permitiam pensar acerca das adaptações necessárias para promover melhorias relacionadas ao desenvolvimento de técnicas investidas nos experimentos, considerando as condições de infraestrutura das

escolas. Nesse sentido, esperamos que os movimentos de reflexão dos docentes conduzam a replanejamentos, e a execução de reconstruções, promovendo atividades com mais qualidade no ensino, em função da prática docente ser levada por meio desse caminho, da ideia a ação, o que significa e ressignifica as experiências vividas (Caldeira; Zaidan, 2013).

Também surgiram apontamentos considerando a quantidade de conceitos novos apresentados aos estudantes e as possibilidades de melhor promover diálogo sobre eles: "*Um primeiro ponto a ser revisitado e replanejado é a grande quantidade de conceitos novos sendo apresentados aos estudantes, o que resultou em um largo momento de explicação [...]*" (LDi7R). No fragmento apresentado, o licenciando se questiona em relação a contemplação dos objetivos traçados para a atividade, reavaliando conceitos apresentados e a forma como isso ocorreu na atividade desenvolvida sobre o tema de nanotecnologia. Ele, portanto, ao realizar a etapa de refletir e repensar sobre o desenvolvimento do trabalho, revisitou seus conhecimentos sobre o tema, sobre o contexto, as estratégias de ensino, e os objetivos centrais almejados com a ação e, assim, consegue readequar e aprimorá-la.

Tendo em vista tudo que foi proposto até o momento: as etapas e fases do processo de compreensão da inovação, dos contextos em que ela será desenvolvida, das abordagens de ensino que podem ser exploradas; e o processo de didatização da inovação científica, que inclui o movimento de avaliação, do repensar e reconstruir o trabalho desenvolvido, em busca de continuar o seu aperfeiçoando, destacamos a defesa de mais uma premissa essencial que pode facilitar o desenvolvimento de todo esse processo de promover articulações entre os conhecimentos, a fim de inserir a inovação no contexto escolar: a criação e a manutenção de uma rede de apoio entre os especialistas e pesquisadores em determinada área do conhecimento, os professores da escola básica, e os professores formadores de professores.

Como já mencionado, a rede de apoio entre os participantes desses diferentes contextos pode auxiliar na promoção de um trabalho com maior qualidade nas escolas, em relação a inovação. Isso porque, como vimos a partir da discussão sobre a segunda etapa descrita nesta categoria (compreender os conhecimentos inovadores), os pesquisadores e especialistas no conhecimento específico de uma área, possuem o aprofundamento conceitual, referente também, aos termos,

linguagens e métodos técnicos necessários para possibilitar uma maior e mais rápida compreensão sobre a inovação de determinada área.

Da mesma forma, ao contar com a parceria das escolas e dos docentes da Educação Básica, é fundamental no sentido de fornecer as compreensões necessárias em relação aos sujeitos que são foco das ações planejadas, os estudantes (terceira etapa – conhecer os contextos). Os espaços escolares possuem suas especificidades, em algumas situações podem configurar limitações ao desenvolvimento de projetos que envolvam atividades práticas relacionadas à inovação científica. Por isso é crucial que se conheça sobre a realidade desses ambientes, a fim de poder repensar as propostas com inovação e adaptá-las às necessidades das escolas. Além disso, como se trata da exploração de temas novos, ainda pouco conhecidos, ou totalmente desconhecidos aos estudantes, os professores são capazes de apontar sobre os conhecimentos prévios de seus alunos, seus interesses, de forma que possa haver um maior direcionamento desse trabalho, de acordo com o contexto de cada instituição e turma.

Por fim, acreditamos que a participação de professores atuantes nos cursos de licenciatura, em meio ao processo do trabalho com temas inovadores da Ciência, também pode fortalecer a eficácia dessa rede de apoio (como já mencionado na quarta etapa, referente a conhecer e pensar sobre as abordagens de ensino). Isso pode ocorrer em função do conhecimento que esses profissionais detêm sobre o processo de mediação didática, a exemplo do processo de selecionar conteúdos, metodologias e/ou abordagens relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem em Química, vislumbrando possibilidades, alertando sobre limitações, melhorias e adaptações.

Segundo fragmentos representativos de licenciandos e também dos professores formadores, o mútuo suporte e o estabelecimento de parcerias entre universidade e escola, são fundamentais para o trabalho com a inovação, como ilustrado a seguir: “*Acho que os itinerários formativos são bons para o trabalho com a inovação, porque eles permitem a liberdade de pensar novas propostas, mas, infelizmente, os professores da escola não conhecem a inovação na química, as vezes nem pensam em utilizar isso. No entanto seria uma boa oportunidade para se trabalhar com essas questões, se a universidade também desse suporte*.” (LPi8Q); “*Pensando nas escolas públicas, se eu fosse professor, acho que seria difícil ter esse*

trabalho com a inovação, em função do tempo, da carga horária que eles precisam atender. Mas, ainda assim, eu iria procurar ter esse trabalho, se tivesse melhores condições de trabalho, iria procurar ler artigos e manter essa relação com a universidade. Acho que o PIBID mesmo é uma alternativa bem viável, para trabalhar com a questão da inovação, assim como a extensão também." (LPi8TA); "*Seria muito legal se o nosso laboratório, nosso grupo, tivesse seminários também, e momentos de pensar a inovação em diferentes setores, nas abordagens, nos experimentos, das teorias, no currículo.*" (LPi8TA); "*Essas discussões sobre inovação, deveriam ser mais presentes até mesmo no ensino superior. Isso iria ajudar a entender sobre essas questões."* (PESDi1TA).

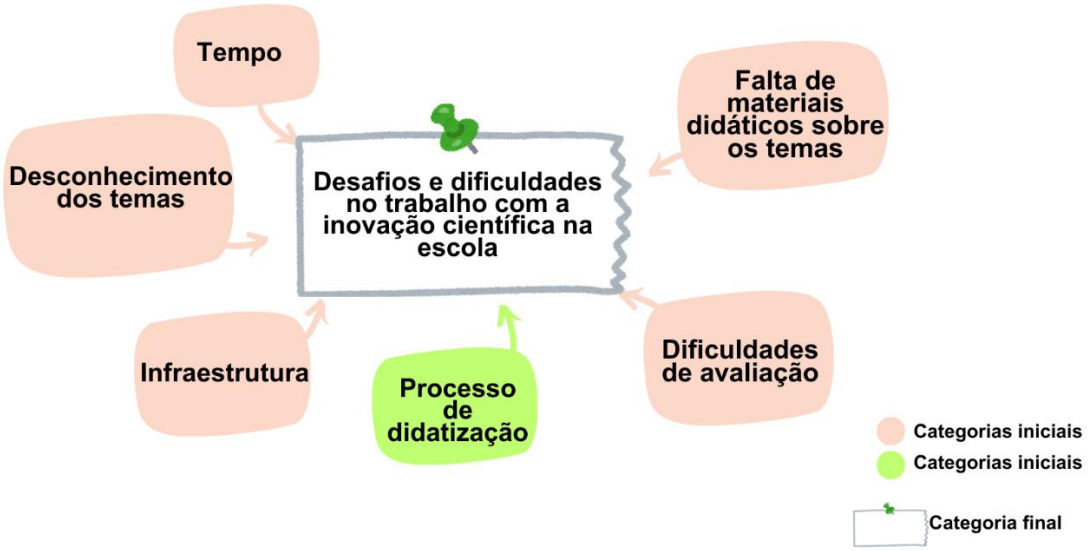
As redes de apoio, muito significas no trabalho com a inclusão escolar, por exemplo, são importantes por significarem a cooperação entre diferentes instituições, serviços e profissionais, com vistas a possibilitar um trabalho em conjunto que beneficie diferentes contextos e públicos, a partir da geração de suporte à professores e alunos, compartilhamento de recursos técnicos, entre outros (Bendinelli; Andrade; Prieto, 2012). No caso do trabalho com a inovação, poderia se estruturar a partir do estabelecimento de parcerias, de projetos de ensino, pesquisa e extensão, como foi realizado nesta pesquisa, que contou com a disponibilização de espaços formativos, como da disciplina de Interação Universidade-Escola e do PIBID – Química da UFPel (Passoni et al., 2012; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022). Além disso, também contou com a participação de escolas parceiras da universidade, e de um grupo de pesquisa que desenvolve estudos na linha de produção de novos materiais. Relações essas que esta tese destaca como de grande importância e potencial para abranger temáticas inovadoras ao contexto escolar, ao mesmo tempo em que viabilizou processos de formação docente (inicial e continuada), que permite repensar temas, conteúdos e abordagens de Ensino de Química, a partir de processos sistemáticos de estudo, planejamento e avaliação, como as etapas desse processo apontadas, e a indicação dos quatro pilares (cotidiano, inovação, conceitos e/ou conteúdos químicos e questões sociais) que podem auxiliar na proposição do trabalho com a inovação nas escolas.

5.2 Desafios e dificuldades encontrados no trabalho com a inovação Química na escola

A segunda categoria destaca alguns **desafios e dificuldades encontrados no trabalho com a inovação Química na escola**, vivenciadas por licenciandos (participantes do PIBID-Química da UFPel e da disciplina de Interação Universidade-Escola), professores formadores e/ou atuantes na escola básica, que participaram da pesquisa e no processo de mediação didática de temas nas escolas parceiras.

Na Figura 16 são ilustradas as categorias iniciais e a categoria final, que constituem pontos de discussão abordados neste subcapítulo.

Esquema 16 - Categorias iniciais que deram origem à categoria final



Fonte: Autoria própria.

O primeiro ponto a ser destacado diz respeito às **dificuldades em relação ao processo de didatização em si**, já relatado por etapas na categoria anterior. Porém, nesta discussão, não mencionaremos sobre a construção do processo, mas, sim, sobre as dificuldades relatadas durante seu desenvolvimento. Assim como o trabalho com a inovação nas escolas, apresentado na categoria anterior, possuía fases/etapas para a sua construção, os sujeitos da pesquisa, que participavam de cada etapa, descreviam suas angústias e desafios, a cada procedimento realizado, compondo dessa forma, este ponto de discussão e parte da categoria. Nesse sentido, uma dificuldade apontada diz respeito à compreensão do conceito de inovação, na primeira fase do processo de mediação didática realizado, descrito pelo professor formador: "*Porque não é algo simples, nem fácil entender o que é inovador. Acho que essa é*

uma das maiores dificuldades em trabalhar com a inovação. Tem esse desafio." (PESDi2TA).

Além do apontado pelo docente do ensino superior, no que diz respeito, a entender o que pode ser considerado inovador, os licenciandos também apontam para falta de parâmetros para compreensão do que é inovação, e que pode levar a ideias equivocadas: *"A gente já tem um pré-conceito sobre inovação, pensando que ela é tecnologia. Então eles pensam que é mexer com computador, mas, na verdade, é o fazer diferente do que estão acostumados. Fazer um experimento com pilhas, para eles, na escola, já é uma inovação."* (LPi8TA). A partir do fragmento mencionado acima, percebemos que uma falta de entendimento sobre o que se caracteriza como inovação, pode remeter a visões equivocadas ou incompletas, ou ainda, abrangentes demais sobre esse termo. Como por exemplo, ela sendo restrita apenas ao setor tecnológico, ou ainda, no cenário escolar, sendo pensada como a realização de uma simples prática experimental, mesmo que essa já seja comumente desenvolvida nesse meio.

Por essa razão, devemos ressaltar que a inovação, embora se refira também ao desenvolvimento de práticas diversificadas no contexto escolar (Mota; Scott, 2014), não se configura apenas por essa premissa. Nesse sentido, a realização de uma atividade experimental desenvolvida com o intuito de reproduzir uma prática já bastante conhecida e utilizada, de forma a não instigar a curiosidade dos estudantes e promover discussões, questionamentos e levantamento de hipóteses por parte deles, não configura uma inovação no ensino. Além do mais, como já mencionado por Carbonell (2002), a realização da inovação não consiste na mera reprodução de atos considerados inovadores, é necessário que as práticas sejam repensadas, reestruturadas, e se busque por novas inovações de forma constante.

A não compreensão adequada sobre um conceito de inovação, e o que pode representar esse trabalho no contexto escolar, pode dificultar em relação à uma boa receptividade das atividades com questões de inovação nas escolas, como mencionado pelo licenciando no seguinte trecho: "*Às vezes a gente planejava ações e atividades com inovação, e os alunos não aceitavam bem, ou mesmo o professor não aceitava bem. Então é importante conhecer o contexto das escolas, para ver até onde dá para trabalhar a inovação e ela vai ser bem recebida."* (LPi8TA). Acreditamos que em parte, essa "má recepção" à inovação, se deve em função de um

condicionamento referente às metodologias mais tradicionais de ensino, por parte dos estudantes, ao qual eles já estão acostumados. Nesse sentido, tudo que é diferente disso, para eles, tende a gerar estranheza e, até mesmo, resistência, em alguns casos. Por exemplo, aos estudantes acostumados com uma posição passiva, ao ter um processo de ensino que o coloque como protagonistas na construção do seu aprendizado (sendo essa uma perspectiva atrelada a um conceito de inovação na educação, por alguns docentes), acaba gerando incomodo à primeira vista. Isso é destacado por LDi2, ao relatar sobre a reação de alguns estudantes ao mudar a perspectiva de ensino, associando isso ao conceito de inovação: *"Parecem alunos condicionados, com dificuldade de pensar, questionar... Até quebrar esse modelinho em que somos acostumados... Seria uma inovação aí, romper com esse condicionamento."* (LDi2TA).

Diante do exposto, em relação à dificuldade de trabalhar com a inovação, por parte dos docentes, um dos problemas está relacionado ao entender no que ela consiste, conforme destacado pelo professor da Educação Básica*: "Eu entendo que a inovação sempre é necessária. Depende, na verdade, do consenso de inovação [...]"* (PEBDi1Q). Como destacado no fragmento, podemos entender que, ao depender de um consenso sobre o conceito, a falta dele pode representar uma dificuldade. Ainda, a resistência, por parte dos docentes, pode estar atrelada a pouca compreensão sobre o assunto e, consequente, à associação a uma perspectiva neoliberal que circunda a inovação e as políticas públicas (Pimental, 2020; Oliveira, 2011).

Ao pensarmos que a inovação científica, enquanto produzida nos centros de pesquisa, ainda é bastante restrita à comunidade de especialistas na sua área, não é difícil pensar sobre a dificuldade de entender o que é inovação fora desse contexto específico. Como já comentado anteriormente, não são bem definidos os parâmetros para estipular o que configura uma inovação de fato, o que também prejudica sua identificação.

Nesse sentido, ressaltamos novamente a relevância de haver uma rede de apoio entre pesquisadores, professores da escola básica e do ensino superior, de modo a auxiliar na definição de conceitos e/ou de temas inovadores que sejam importantes de ser trabalhadas no contexto escolar, além disso, por meio dessas ações, novas e diferentes perspectivas de trabalho com a inovação poderiam ser exploradas na escola, de modo a promover o engajamento da comunidade escolar

(Quadros et al.,2011). Isso pode contribuir para a maior aproximação entre a universidade e a escola, um cenário e um processo que pode viabilizar elementos que ajudam a entender implicações da construção da Ciência, da Tecnologia e da inovação na sociedade (Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022; Rocha, 2012). Além disso, estar atento a pesquisas recentes, notícias, procurar meios de se informar e aprofundar nos conhecimentos, é um movimento importante para que os docentes trabalhem com a inovação, como mencionado pelo docente da escola, ao responder sobre como busca por atualizações e inovação em suas aulas: "*Procuro buscar, sempre que possível, atualizações dentro do conteúdo ministrado, trazendo novas perspectivas e assuntos em voga que o aluno tem contato.*" (PEBDi3Q).

Há considerável dificuldade em compreender a inovação científica, tanto em relação à uma definição, quanto em relação ao nível conceitual de aprofundamento exigido para trabalhar com ela. Esse entendimento aprofundado necessário para poder ensinar um conceito químico, referente a um tema inovador, envolve a segunda fase do processo de didatização, como destacado pelos licenciandos participantes do PIBID, por exemplo, ao mencionar dificuldades associadas ao tema de novos materiais produzidos para remediação ambiental, durante as reuniões de acompanhamento ao grupo de pesquisa LaCoPol na universidade: "*Principalmente, ao preparo do material. Como que funcionam aquelas ligações... ela [componente do grupo LaCoPol] explicando, dá para entender, mas é complexo pensar nisso depois, é interessante."* (LPi8TA); "*Eu achei bem legal, bem diferente, nunca tinha entrado em um laboratório de pesquisa, mas não compreendi muito."* (LPi12TA); "*Mesmo quando eles [grupo LaCoPol] mostram nas reuniões o que estão produzindo, ainda assim, a gente tem dificuldade de entender, por que tal molécula se interliga com outra, por que tem esse comportamento, essa característica de adsorção, por exemplo."* (LPi8TA).

A dificuldade na compreensão dos conhecimentos químicos advindos da Ciência se faz em razão de alguns fatores demonstrados no decorrer desta análise, como da necessidade de aprofundamento conceitual, que vai além do que se costuma realizar nas disciplinas de graduação, como destaca LPi11: *"[...] compreender melhor como se realiza uma pesquisa de forma aplicada, levando em consideração que esse não é o foco do curso de licenciatura em química"* (LPi11Q). No fragmento, o licenciando relata sobre a dificuldade em compreender como funciona o processo de produção da Ciência aplicada, em função de aprofundamentos específicos de

determinadas áreas da pesquisa, que não são objetos de estudo de conteúdos tradicionalmente trabalhados no curso.

A incompreensão e o desconhecimento sobre as especificidades da área refletem em dificuldades relacionadas aos termos técnicos, aos métodos de preparo dos materiais utilizados nas pesquisas discutidas, os equipamentos empregados, a realização e interpretação das análises para fins de comprovação de um determinado material produzido, por exemplo. Como destacado pela pesquisadora de doutorado, em deu diário abordo, sobre uma dúvida de participantes do PIBID em uma reunião com o grupo de pesquisa: "*As dificuldades de compreensão dos licenciandos se refletem em determinadas falas, como por exemplo: "Ouvi eles comentando que o "peixinho" saía preto da reação... Como assim? Eles usam um peixe? Não entendi.""* (EPDPiDB). No fragmento destacado, é perceptível a incompreensão dos licenciandos ao questionarem sobre o modo como funciona o sistema de agitação magnética de uma reação química, que causa estranhamentos aos discentes. O que se justifica também, em função das especificidades que compõem a Química e seu ambiente de desenvolvimento, constituído de linguagens próprias (Sangiogo; Zanon, 2014).

Nesse sentido, a abstração que é exigida pela Ciência, como da Química, por ser inerente à sua natureza (Souza; Leite; Leite, 2015), representa desafios no processo de compreensão do conhecimento inovador, ao se ter desconhecimento dos termos técnicos, da linguagem específica, dos equipamentos e métodos de uma determinada área de pesquisa. Aliado a isso, LPi8 complementa: "*Acho que a dificuldade na área da química em relação a compreender a inovação, é que é muito difícil entender o que está acontecendo sem ver. Tem muita abstração, muitas hipóteses do que está acontecendo, mas não se sabe direito, não se vê"* (LPi8TA). Desenvolver um raciocínio abstrato é muito importante para o estudante de Química, seja bacharel ou licenciado, tendo em vista que boa parte dos conceitos nessa área de conhecimento, envolve elementos abstratos, que precisam ser em parte, imaginados, modelados mentalmente para sua elaboração e entendimento (Souza; Leite; Leite, 2015).

Essa dificuldade, com relação a abstração, também se faz presente no momento de pensar o ensino da inovação, como destacam outros licenciandos: *"Acho que a maior dificuldade é pensar sobre essa abstração que é exigida dos estudantes para essa temática de nanotecnologia. Tem essa necessidade de desenvolver essa*

temática, até para desenvolver essa abstração dos estudantes, mas é difícil. Ainda dentro da química, que já exige muito disso." (LDi7TA); "*Seria legal poder desenvolver softwares que permitissem ilustrar mais essas abstrações da química, que fazem parte da inovação, são caraterísticas dela. Porque é difícil trabalhar com a inovação, por ela ser muito abstrata também.*" (LPi8TA). A Química se configura como Ciência bastante abstrata, sendo esse um obstáculo frequente para o aprendizado dos conhecimentos que se relacionam a essa Ciência. Como evidenciado nos fragmentos anteriormente mencionados, a abstração pode configurar uma dificuldade referente a compreensão da inovação Química, tanto para docentes, quanto para estudantes. Esses fatores se tornam uma preocupação para os professores, no momento de pensar estratégias de ensino para o trabalho de temas da inovação científica. A abstração e a falta de compreensão aprofundada sobre determinado conhecimento referente à uma inovação, dificulta também, na produção de materiais didáticos (Quadros et al., 2011), que poderiam ser produzidos pelos licenciandos e levados ao contexto escolar.

Como forma de trabalhar com a abstração, uma alternativa viável seria a de buscar por aproximações com o que já é conhecido pelo estudante, o domínio familiar (base), e a inovação abordada, o domínio desconhecido (alvo), estabelecendo assim, um processo de analogia (Mozzer; Justi, 2013). Mesmo sabendo da possibilidade de se trabalhar com as analogias, uma abordagem que permite estabelecer conexões entre as inovações e os conhecimentos prévios dos estudantes, na busca de contornar a problemática que envolve a abstração em Química, alguns licenciandos relatam a dificuldade com essa abordagem, como por exemplo: "[...] *sobre a questão dos roteiros pensados com o grupo da físico-química, para o PIBID: a gente pensou em fazer mais, mas, querendo ou não, tem toda uma dificuldade, porque é difícil pensar uma analogia. Não temos nada pronto para o contexto da escola, e aí? como reproduzir um experimento como da pesquisa do grupo [LaCoPol]. Então, essa é a grande dificuldade."* (LPi8TA). A dificuldade relatada pode ser associada ao pouco conhecimento aprofundado sobre os temas inovadores pelos licenciandos, à necessidade de serem criativos, de estabelecer correlações análogas entre os conceitos que envolvem a inovação e a realidade dos estudantes.

Além do auxílio promovido pela participação de pesquisadores especialistas em uma determinada área de inovação, para a compreensão conceitual, para o

posterior trabalho no contexto escolar, uma outra forma de facilitar o planejamento, seria a disponibilidade de materiais voltados ao ensino dos temas inovadores abordados. Porém, justamente por serem temas novos, e ainda pouco difundidos, em alguns casos até mesmo no meio científico, se evidenciou **a falta de materiais didáticos sobre essas temáticas inovadoras**, os quais não costumam ser comumente encontrados nesse formato, e correlatos. Isso foi mencionado pelos licenciandos, como uma dificuldade no trabalho com temas inovadores na escola: "*Acho que a falta de materiais, que falam desse tema no ensino, é algo que dificulta e impede maiores atividades sobre o tema de nanotecnologia."* (LDi6TA); "*A gente não encontra muitos materiais sobre nanotecnologia no ensino de ciências, de química. Então, tem que tirar muita coisa da cabeça, isso é difícil.*" (LDi6TA). A escassez de materiais didáticos visando o Ensino de Química sobre os temas trabalhados, representou um desafio aos licenciandos, porém, pode ser incumbência também dos docentes a produção desses materiais (Quadros et al., 2011), o que pôde se aplicar ao caso dos licenciandos no processo de mediação didática, e que exigiu a mobilização de muita criatividade por parte deles.

Ainda, a busca por relacionar os conceitos químicos da inovação trabalhada com conteúdos escolares de Química, já conhecidos pelos estudantes, ou que estejam de acordo com um plano de ensino da escola, também gerou grandes desafios: "*O mais difícil era relacionar qual conteúdo eu posso "linkar" com esse tema, que era do hidrogênio verde... eu tentei relacionar com reações químicas, estequiometria, enfim..., mas foi difícil. E, também, a questão de encontrar materiais, fontes confiáveis sobre isso."* (LPi1TA); *"E aí depois, pensar em como levar isso para a escola, aí com várias pessoas colaborando, surgiu a ideia, de levar como separação de misturas. Foi difícil pensar em conceitos que são vistos na escola, para relacionar nessa prática [novos materiais para fins de remediação ambiental]."* (LPi8TA). Os relatos indicam que o processo de identificar, nos temas inovadores, conteúdos de Química que podem ser explorados no contexto escolar, auxilia no processo de aproximação da inovação com a realidade escolar dos estudantes, por isso, ele é importante de ser considerado no planejamento.

Além disso, esse seria um caminho ao correlacionar a inovação científica com conceitos químicos mais acessíveis aos níveis escolares, para promover o movimento de tecer um planejamento inicial para o trabalho com temas inovadores. Esse

movimento pode auxiliar também na etapa de negociação de linguagens, a qual se estabelece durante o processo de didatização, conforme dificuldade descrita pelos licenciandos: "*E eu acho que a maior dificuldade foi justamente a gente trazer, para a aula, algo com que temos domínio. Porque é um domínio muito científico, muito técnico, digamos assim. E aí foi justamente mais difícil tirar a nossa visão técnica, científica, e adaptar em um conhecimento que fosse mais escolar, digamos assim*." (LDi3TA).

A dificuldade relatada em relação à uma "reconfiguração" no modo de pensar e expressar os conceitos químicos envolvidos na discussão da inovação trabalhada, gira em torno da necessidade de promover uma negociação de linguagens. Isso se deve em função do contexto científico e específico da Ciência, o que impede a abordagem de aprofundamentos no estudo de conceitos, bem como de contemplar conhecimentos dos estudantes e suas realidades. Nesse sentido, como já mencionado anteriormente, conhecer e buscar atingir o que já é familiar aos estudantes, torna-se uma possibilidade para abordar as temáticas da inovação. Ainda, há necessidade de estabelecer a negociação de linguagens e adaptações, para o qual se percebeu o desconhecimento dos estudantes em relação aos temas abordados: *"[...] quando questionados [estudantes da escola] sobre o que química verde e os impactos ambientais da química ao meio ambiente, os estudantes não fizeram nenhum comentário e foi necessário explicar estes termos a eles, utilizando o material de apoio"* (LDi3R); "*Em nenhuma das duas escolas em que levamos o assunto hidrogênio verde, os estudantes nunca tinham ouvido falar."* (LDi2TA); "*Sobre a inovação, percebe-se pouca afinidade dos estudantes, uma vez que suas respostas apontam que a inovação pode ajudar na remediação de poluentes, contudo não citam tipos de inovações que podem contribuir*" (LPi8Q).

Além do desconhecimento sobre os temas inovadores citados nos trechos acima, se observou, ainda, em alguns fragmentos representativos das falas dos licenciandos frente as reações dos estudantes das escolas, concepções incompletas, parcialmente equivocadas e/ou errôneas, como por exemplo: *"[...] observamos que esta turma relacionou a nanotecnologia e a nanociência com a biologia, como se fosse o estudo de células.*" (LDi5R); "*O Aluno 2 descreve a nanotecnologia como "tecnologia minúscula" e menciona "mini robozinhos", evidenciando a associação com estruturas extremamente pequenas, uma característica essencial da nanotecnologia."* (LDi6R);

“Por fim, o Aluno 4 utiliza a expressão "tecnologia telescópica", sugerindo uma interpretação de que a nanotecnologia permite observação ou manipulação em uma escala muito pequena, comparável à função de um telescópio, mas em uma escala inversa.” (LDi6R); *“Acho que eles ouviam as notícias, já tinham ouvido alguma coisa... Só não sabiam que a química estava associada a isso [tema de fotocalisadores e química verde]*.” (LDi4TA).

Os fragmentos descrevem um certo desconhecimento em relação aos temas de hidrogênio verde, fotocatálise, bem como à inovação na produção de novos materiais para remediação ambiental. Ainda, identifica-se algumas percepções incompletas e equivocadas sobre os temas de nanotecnologia, e fotocatálise. Os licenciandos perceberam que os estudantes das escolas, inicialmente, associavam a nanotecnologia apenas a área da biologia. Em outros casos, ela surgiu associada à “mini robôs”, à tecnologia relacionada à escala telescópica, entre outros. Nesse sentido, observamos a nanotecnologia e a nanociência como sendo associadas às questões tecnológicas específicas e à área biológica, ou ainda uma tecnologia que trabalha com uma escala específica e incorreta, na concepção dos estudantes da escola. Essas concepções equivocadas, por mais que referentes aos temas inovadores em específico, podem incorrer em visões deturpadas da Ciência e de seus produtos (Pérez et al., 2001).

Diante do exposto, **o desconhecimento dos estudantes da escola, em relação aos temas inovadores** pesquisados pela Ciência atual, pode criar uma dificuldade no desenvolvimento do trabalho com essas temáticas nas escolas, em função de necessitar maior tempo para inserir e mediar conceitos vinculados ao mesmo. Nessas condições, o trabalho com a inovação consiste em apresentar novos assuntos, novos termos, novos conceitos, novas problemáticas (Messina, 2001; Carbonell, 2002), na busca por correlações àquilo que pode ser familiar aos estudantes. Ou seja, nesse caso, o trabalho com a inovação pode se configurar no ajuste ao modo como os estudantes veem sua realidade, em que sejam conduzidos a enxergar além do que costumam perceber, se voltando a outros pontos ainda desconhecidos, mas que também podem fazer parte da sua realidade.

O trabalho com temáticas da inovação científica nas escolas demanda movimentos de mediação de novos conhecimentos, sobre temas desconhecidos, ou pouco conhecidos, exige tempo. Logo, o tempo se configurou como um limitante, uma

dificuldade nesse processo. **O tempo foi relatado como um desafio**, em diferentes aspectos. Inicialmente, destacamos as dificuldades de tempo descritas pelos docentes da escola básica, como uma grande problemática apontada, ao pensar no trabalho com a inovação no contexto escolar: "*Eu penso que os conteúdos têm que ser abordados com temas da atualidade na escola. Todavia, como tenho apenas um período com os 1° anos semanalmente é difícil de aplicar atividades que requerem mais tempo, como debater textos relacionados com temas atuais ou realização de aulas práticas [...]"* (PEBDi5Q); "*Acredito que cada vez mais tem sido difícil abordar os conteúdos necessários na escola. Com o novo ensino médio a carga horária da disciplina de química reduziu para 1 período semanal (no 2º ano), sendo praticamente impossível abordar todos os conteúdos necessários."* (PEBDi6Q); "*Tem a questão do tempo também, muitos professores falam que gostariam de ter mais tempo de preparo, para pensar e levar para a escola coisas novas. Tem o tempo de pensar, de ter que pesquisar, se organizar."* (LPi9TA).

Ainda que os docentes consigam compreender o trabalho com a inovação e as atualizações como algo importante de ser realizado e abordado junto aos conteúdos escolares, como destacado, por vezes, eles se deparam com o tempo como empecilho para sua realização. Isso porque, discutir sobre temas atuais requer o estudo de novos conhecimentos, buscando alicerçá-los no que já é conhecido pelos estudantes, articulando com outras questões sociais e, ao mesmo tempo, o aprofundamento dos conteúdos escolares, e de conceitos da Ciência. Esse trabalho é complexo, necessita tempo, o estudo dos temas pelos docentes, para a elaboração e o preparo das atividades, como observado a partir dos fragmentos dos licenciandos a seguir: "*planejar a intervenção do projeto de extensão foi bem difícil. Obviamente, o tempo não estava ao nosso favor, então com um tema tão novo e complexo, pensar em como levar isso para a sala de aula foi bem angustiante."* (LDi5R); "*Acredito que seja um tema de fato inovador e atrativo para os estudantes do ensino médio, tendo em vista que a nanotecnologia tem sido cada vez mais mencionada no nosso dia a dia. No entanto, demanda um tempo maior de pesquisa, compreensão e preparo de aula."* (LDi7TA); "*O tempo foi muito curto para que a gente pudesse compreender o que era o tema, porque nanotecnologia é um tema bastante complexo, e depois pensar numa proposta de atividade. Achei muito desestimulante."* (LDi5TA). É possível, também, que a dificuldade em se aprofundar nos conhecimentos e conceitos

específicos referentes à algum tema novo o que demanda maior tempo, esteja vinculado ao fato dos estudantes dos cursos de Ciências Exatas (como da Química), estarem acostumados a estudar com o intuito de obter aprovação nos exames, estando dispostos a esquecer o conteúdo e as aulas após a finalização das avaliações (Stengers, 2023). A preocupação exclusiva com a memorização de teorias e maneiras de realizar cálculos, para concluir exercícios, pode resultar nesses indícios que revelam um diagnóstico sobre o aprendizado que os licenciandos e demais profissionais das áreas das Ciências estão construindo, e que tende a ter como consequências a necessidade de uma retomada em vários conceitos fundamentais para a compreensão de um todo.

Além disso, outra questão referente à dificuldade relacionada ao tempo, seria a sua pouca disponibilidade, para a realização das atividades nas escolas. Foram observas diversas falas dos licenciandos em relação a isso: "*Nesta turma, as estudantes interagiram menos do que a anterior. Porém, foi nesta que nos disponibilizaram apenas um período, então o primeiro momento em que teríamos mais interação, precisou ser muito menor e por isso comprometeu a interação com eles. Nesta turma também conseguiram relacionar o tema com os super-heróis."* (LDi5R); "*Ainda associada à essa atividade, também daria para explorar mais essa questão da reversibilidade da reação, bem como a questão do hidrogênio como combustível, suas vantagens associadas ao produto que gera. Mas claro, para tudo isso deveria se ter mais tempo disponível. Seria legal retomar mais essa questão, das potencialidades enquanto combustível mesmo."* (PESDi1TA); "*O que eu gostaria era de poder trabalhar essa proposta, esse tema, mas com mais tempo."* (LDi7TA). Os fragmentos destacados descrevem, por parte de licenciandos e do professor formador, a dificuldade em trabalhar com os temas, havendo percepção sobre a necessidade de maior tempo para serem mais bem apresentadas e discutidas junto aos estudantes da escola, melhor articulando a inovação à outras demais questões. O pouco tempo disponível para a disciplina de Química nas escolas, ficou evidente no decorrer deste trabalho, mas é uma problemática há bastante tempo apontada pelos docentes. Bem como, os desafios relacionados a infraestrutura das escolas (Quadros et al., 2011).

Ainda sobre o processo de adaptação e desenvolvimento de novos materiais didáticos e de experimentos do contexto científico, para o contexto escolar, há registros de que a dificuldade não se deve somente por conta do pouco tempo e da

complexidade conceitual envolvida, mas também aos **desafios de infraestrutura**. Isso foi evidenciado nos fragmentos a seguir: "*A minha maior preocupação nesta atividade foi que o laboratório era muito pequeno, então a distribuição dos alunos fez com que um ficasse na frente do outro, atrapalhando a visão da prática.*" (LDi1TA); "*A limitação de recursos, exemplificada pelo espaço restrito do laboratório na primeira escola, enfatizou a importância do gerenciamento cuidadoso para garantir a qualidade das atividades."* (LDi1R); "*O ideal seria que os alunos pudessem utilizar óculos de segurança específicos para luz azul, contudo, isto não foi possível pois estes óculos apresentam um custo elevado*." (LDi3R).

Nesse sentido, percebemos, a partir dos fragmentos representativos, que os licenciandos citam alguns obstáculos relacionados a infraestrutura, como por exemplo, os pequenos espaços físicos disponíveis nos laboratórios de escolas, além da escassez de outros recursos como equipamentos de proteção, reagentes, entre outros. Pensando nessas dificuldades, os licenciandos buscavam utilizar os recursos da universidade, de modo a adaptá-los do contexto científico para o escolar. Ainda assim, algumas dificuldades foram evidenciadas, como no caso da atividade sobre o tema de fotocalisadores e Química Verde, em relação a adaptação de um equipamento utilizado no laboratório de pesquisa, em que os licenciandos buscaram elaborar um sistema equipado com led azul e resfriamento, permitindo que os estudantes da escola pudessem observar o fenômeno da fotoluminescência. Porém, seria interessante que estivessem disponíveis aos estudantes, óculos de segurança apropriados para o contato com a luz azul, por exemplo, o que não ocorreu e atrapalhou a visualização do experimento com os fotocatalisadores. Além disso, percebemos a partir do fragmento representativo de um docente atuante na escola básica: "*Gostaria muito de trabalhar com mais atualizações nas aulas, mas no contexto atual e até mesmo as condições oferecidas na escola (muitas vezes nem internet temos para trabalhar) fica extremamente difícil*" (PEBDi6Q), que o trabalho com as atualizações, novidades e temas inovadores, acaba sendo dificultado também, em alguns casos, pela precária infraestrutura de algumas instituições, que não dispõem de adequado sinal de internet, por exemplo. Nesse sentido, reforçamos que as melhorias na educação demandam de investimentos por parte dos setores governamentais, perpassam pela questão do incentivo à formação continuada dos

docentes, da valorização desses profissionais, e de infraestruturas adequadas nas escolas (Quadros et al., 2011).

Em função de todo o exposto, fica evidente que as condições de infraestrutura e de materiais não são as mais apropriadas para o trabalho com a inovação, e isso acabam refletindo em dificuldades para os docentes, não apenas na questão que tange a execução das atividades nas escolas, mas também com relação ao estudo conceitual sobre os temas, o planejamento das atividades e o desenvolvimento das adaptações necessárias. Desse modo, fica ainda mais evidente a importância que o estabelecimento de parcerias entre diferentes instituições, como entre escolas, universidades e centros de pesquisa, para proporcionar o desenvolvimento do trabalho. Isso, tendo em vista uma cooperação mutua, entre diferentes especialistas, diferentes cenários e contando com o apoio de diferentes estruturas.

Por fim, uma outra dificuldade que foi elencada a esse processo de trabalho com a inovação científica no contexto escolar, diz respeito ao **desafio de avaliar os resultados obtidos,** a partir das ações com temas inovadores, planejados e desenvolvidos nas escolas. Essa dificuldade observada pelos licenciandos e professores formadores, ao longo do processo, pode ser associada a diferentes fatores.

Primeiramente, vamos destacar a questão da falta de tempo adequado para o desenvolvimento de uma sequência didática, com maior número de intervenções nas escolas, de modo que se pudesse considerar a avaliação sobre todo um processo desenvolvido com os estudantes. Processo esse, que contaria com maior tempo para o trabalho reflexivo envolvendo por exemplo, as concepções prévias dos estudantes sobre os temas inovadores trabalhados, as articulações do tema com o cotidiano, com as questões sociais e com os conceitos químicos já conhecidos e que poderiam ser aprofundados e, então, melhor avaliados em cada etapa do processo de mediação didática. Nesse processo mais ideal, o qual sabemos que muitas vezes se torna quase utópico, especialmente por envolver um tema que tradicionalmente não constitui o currículo escolar, cada etapa poderia: seria melhor desenvolvida; seria possível um maior estudo e aprofundamento conceitual pelos docentes; um maior planejamento, materiais e infraestrutura; um maior tempo de trabalho para os conteúdos; e, um acompanhamento mais sistemático da avaliação relacionada ao aprendizado dos estudantes. Essa perspectiva, como a que contempla a avaliação do processo de

ensino e de aprendizagem, vai ao encontro do que é relatado pelos licenciandos, segundo fragmentos representativos de suas falas: "*No roteiro e na atividade que a gente desenvolveu a partir das pesquisas do LaCoPol, eu senti falta de trabalhar mais com a teoria, com os conceitos. Mas, para isso, deveria ter mais tempo, e apoio para ter maior abertura em relação a desenvolver uma sequência com os temas. Até para a gente poder avaliar melhor o trabalho."* (LPi8TA); "*Seria legal poder avaliar, o que passa na cabeça dos estudantes no momento que eles observam a separação por meio da esponja. Seria necessário poder avaliar o efeito dessa inovação para eles*." (LPi9TA).

Nos fragmentos fica evidente a necessidade de realizar uma avaliação sobre o trabalho desenvolvido, e sobre o modo como a abordagem de temas inovadores no contexto escolar poderia ter melhor se refletido na vida dos estudantes: uma avaliação sobre um processo. Inclusive, a inovação é caracterizada por ser um processo (Mota; Scott, 2014), que perpassa pelas questões de identificação, compreensão, desenvolvimento e possíveis implicações causadas na vida social, considerando os avanços científicos e tecnológicos e o modo como eles irão impactar a sociedade, formulando assim, novos avanços. Se faz importante compreender como essas ações (de informar sobre a produção científica, e ir além, buscando promover aprendizagens significativas destas, por meio das implicações sociais que esses avanços inovadores poderão causar) irão se refletir na realidade escolar e cidadã dos estudantes. Todo esse processo avaliativo é fundamental de ser realizado, e demanda tempo, para identificar possíveis implicações a curto, médio e longo prazo.

Nesse sentido, há necessidade de pensar um processo avaliativo que dê conta de explorar as mudanças de concepções dos estudantes, em função das associações feitas sobre o tema inovador, ao considerar o que eles já conhecem e contemplando as alterações relacionadas as questões sociais do tema abordado, o processo de elaboração de conceitos envolvidos na temática inovadora. É fundamental destacar, que todo esse processo de aviação da aprendizagem demanda tempo, também, para os estudantes: "*Acho que eles [estudantes da escola] tiveram pouco tempo para pensar sobre o que viram. Eu, pelo menos, preciso de um tempo para pensar no que estudei, do conteúdo que eu vi, para depois entender, de fato. Em outros casos, acredito, que por ser temas inovadores, eles ficaram com um conhecimento mais superficial mesmo, por isso várias respostas foram superficiais nos questionários."*

(LDi3TA). Como descrito pelo licenciando, os estudantes necessitam de um tempo maior para compreensão de temáticas inovadoras e conceitos novos para eles.

Ainda assim, como por LDi3, o pouco tempo disponível para realização do trabalho com a inovação e, consequentemente, para analisar indícios de aprendizagem dos estudantes, acabou dificultando na percepção dos licenciandos sobre o impacto de suas práticas no contexto escolar. Além da possibilidade dos estudantes terem desenvolvido conhecimentos mais superficiais sobre os temas trabalhados, outro licenciando acredita que o pouco questionamento, e as respostas superficiais deles aos questionários entregues, com o intuito de avaliar a atividade, se devem a certas questões culturais dos estudantes: "*Parecem alunos condicionados, com dificuldade de pensar, questionar... Até quebrar esse modelinho em que somos acostumados... Seria uma inovação aí, romper com esse condicionamento*." (LDi2TA). O registro indica elementos da cultura escolar, que os estudantes da escola básica estariam acostumados, de metodologias mais tradicionais de ensino, o que estaria associado a uma certa passividade por parte de alguns estudantes, tanto no desenvolvimento de atividades envolvendo metodologias e temas inovadores no contexto escolar, como também no processo de escrita e reflexão, resultantes das ações. Afinal, os estudantes se tornam agentes pouco participativos, estranhando novas práticas docentes, mostrando, por vezes, inibidos frente aos questionamentos, na proposição de hipóteses, entre outros. E, obviamente, os poucos registros do acompanhamento das atividades não permitem muitas inferências sobre os possíveis indícios de aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes (Vigotski, 2001).

Porém, todo esse processo de avaliação tende a ser complexo e necessário para avaliar os impactos da inovação científica no meio escolar. Cabe então, aos docentes, a inferência de resultados por novas formas de identificação, novos meios de avaliação também fazem parte de uma prática inovadora. Sejam as avaliações relacionadas a abordagens específicas ou não relacionadas aos temas inovadores trabalhados (como neste caso), de qualquer modo, pensando de um modo mais abrangente, desenvolver a inovação na escola, implica em refletir sobre os resultados alcançados com os processos de ensino elaborados, e, a partir disso, repensar a prática com a intencionalidade de aperfeiçoá-la, outra característica da inovação (Carbonell, 2002; Camargo; Daros, 2018, Morés, 2018).

5.3 Potencialidades no trabalho com a inovação científica nas escolas

A terceira e última categoria emergente diz sobre as **potencialidades no trabalho com a inovação científica nas escolas**. Nessa categoria, descrevemos alguns dos benefícios percebidos por docentes das escolas parceiras, do ensino superior e licenciandos envolvidos nas atividades, ao se abordar sobre temas inovadores da Ciência Química, na etapa escolar do ensino médio, como ilustrado na Figura 17. Algumas das potencialidades que podem ser citadas são referentes à demonstração de interesse por parte dos estudantes pelos temas discutidos, o que consequentemente pode influenciar no desenvolvimento de uma maior motivação para o estudo da Química, bem como a indícios de possíveis associações feitas pelos estudantes das escolas, entre os temas explorados, entre outras questões diversas. Isso corrobora com a perspectiva de que a inovação pode estar presente na vida de todos e, também por isso, é fundamental reconhecê-la e melhor entendê-la, sendo a escola um local propício para isso.

Figura 17 - Categorias iniciais e a categoria final que emergiu do processo de análise

Fonte: Autoria própria.

Além dos indícios oriundos das percepções dos licenciandos participantes das atividades, em relação ao que observaram nas reações dos estudantes das escolas, outras potencialidades relacionadas ao trabalho com questões de inovação nesse contexto, podem ser relatas, como: a abordagem de assuntos referentes à natureza da Ciência por meio da inovação; a abrangência de possibilidades de discussões dos

temas inovadores trabalhados; a inovação trabalhada como forma de demonstrar o avanço científico, tecnológico e social, podendo auxiliar em uma formação cidadã; a evidente aproximação entre universidade e escolas básicas, promovendo e/ou fortalecendo esse laço de cooperação; e alguns benefícios para a formação docente no desenvolvimento desse processo.

Inicialmente, destacamos fragmentos representativos extraídos dos relatórios de alguns licenciandos, os quais apontam indícios sobre o **interesse dos estudantes da escola básica, pelos temas inovadores trabalhados**: "*A turma foi bem interativa conosco, mostraram-se bastante interessados e até mesmo possuíam um conhecimento prévio do tema de nanotecnologia, inclusive, sua relação com os filmes da Marvel, o que foi algo vantajoso [...] observamos que gostaram bastante de discutir sobre o tema."* (LDi5R); "*Na primeira das três turmas, os estudantes se mostraram mais participativos e trouxeram diversos exemplos de representações da nanotecnologia presentes em filmes e séries, como no uso em tratamentos médicos ou como ferramenta narrativa para justificar os superpoderes de uma personagem, como no filme Bloodshot protagonizado pelo ator Vin Diesel no qual seus poderes advém de nanorobôs que percorrem sua corrente sanguínea."* (LDi7R).

Os exemplos dos licenciandos que trabalharam especificamente com o tema de nanomateriais e nanociência, relataram um retorno positivo em relação à reação dos estudantes frente ao tema. Isso corrobora a perspectiva da importância da inserção de novos temas no contexto escolar. Afinal, temas atuais que refletem a inovação científica e tecnológica, que podem incorporar a sociedade moderna, são importantes de ser discutidos na etapa da Educação Básica, como forma de motivar os jovens para o estudo de Química, e ao mesmo tempo, conscientizá-los sobre os avanços nessa área (Silva; Roggia, 2022).

Além do interesse pelo tema, destacamos também alguns trechos que relatam sobre **as reações positivas dos estudantes frente a utilização de metodologias diferenciadas para o desenvolvimento das atividades**: "*Os alunos apresentaram o perfil de serem protagonistas, apresentando curiosidades e comprometimento com as atividades propostas, sendo capazes de expor e debater suas ideias, principalmente durante a atividade do júri simulado."* (LPi8Q); "*Durante esta etapa de organização do conhecimento, os alunos tiveram participação ativa, sendo protagonistas no processo de ensino-aprendizagem [...]"* (LDi3R); *"muitos alunos solicitaram mais aulas*

dialogadas e com atividades experimentais, indicando o seu interesse em aprofundar o conhecimento acerca das temáticas da química verde, reações fotoquímicas, medicamentos e óleos essenciais." (LDi3R); *"[...] a introdução de atividades experimentais e inovadoras amplia o propósito de aprendizado dos alunos, proporcionando-lhes experiências distintas dos habituais."* (LDi6R); *"Com o uso da cena do filme Pantera Negra, os estudantes desta turma, inicialmente mais introvertidos, se mostraram mais abertos ao diálogo, trazendo hipóteses e apontamentos sobre os poderes deste super-herói e as habilidades concedidas por seu uniforme, dito ser feito de nanotecnologia. Esta provocação ao debate de ideias, incentivado pelo uso desta mídia, tão familiar aos alunos, foi um elemento comum em todas as três turmas, indicando o grande potencial que seu uso possui como ferramenta didática."* (LDi7R).

Cabe destacar que a busca por práticas pedagógicas diferenciadas pelos licenciandos, que prezam pela participação ativa do estudante, o colocando como protagonista em seu processo de aprendizagem, também é compreendido como uma iniciativa inovadora (Carbonell, 2002). Como já mencionado anteriormente, quando se pensa em definições de inovação no contexto do ensino, as metodologias ativas estão presentes nos discursos e práticas atuais (Ferrarini; Saheb; Torres, 2019). Nesse sentido, auxiliar na promoção de ações que prezem pela participação ativa do estudante, desenvolvendo um raciocínio lógico sobre os temas trabalhados por meio da reflexão, se faz fundamental no trabalho com a inovação. O ato de inovar no contexto do ensino pode estar na perspectiva de incluir temas inovadores que contemplem a Ciência Química atual e, consequentemente, a sociedade, bem como ao contexto da inovação educacional, ao propor novas abordagens de ensino (Carbonell, 2002; Morés, 2018; Mota; Scott, 2014).

O modelo tradicional de ensino pode ter sido referência importante até determinado momento, mas que não contempla mais totalmente a realidade social atual, em virtude, por exemplo, dos adventos da internet, das mídias sociais e digitais, que provem informação rápida, mudanças no mundo como um todo, se refletindo em novas maneiras de se relacionar, conviver, consumir, estudar e aprender (Camargo; Daros, 2018). É importante entender as mudanças que ocorreram no meio social (Baumann, 1999) e, que produzem uma desordem entre o modelo tradicional de ensino e o mundo científico e tecnológico da contemporaneidade. As mudanças

implicam na busca por inovações como modo de extrapolar os limites introduzidos aos modelos educacionais, de forma que a inovação no ensino pode ser uma ferramenta importante para auxiliar no maior alinhamento com a realidade moderna (Camargo; Daros, 2018).

Os fragmentos expostos pelos licenciandos, em relação ao interesse de boa parte dos estudantes da Educação Básica: pelos temas inovadores trabalhados; e pelas práticas didáticas diferentes das tradicionalmente empregadas no contexto escolar, corrobora com o que vem sendo exposto em relação à promoção da inovação. Essa satisfação de boa parte dos estudantes das escolas que participaram das atividades com temas inovadores, demonstrou a necessidade do docente em considerar diferentes metodologias de ensino. Sobre isso, mesmo que a compreensão das ideias relacionadas a inovação no ensino (referentes à diversidade metodológica e a promoção de práticas pedagógicas que estimulem o protagonismo dos estudantes) esteja relativamente bastante difundida, a implementação desse discurso ainda não é fácil, embora a difusão dessas perspectivas torne possível sua realização (Camargo; Daros, 2018).

A exemplo do que foi desenvolvido nas atividades com temas inovadores nas escolas, e mencionados pelos estudantes através dos licenciandos, podemos citar sobre o uso de metodologias como a do Júri Simulado. Ela costuma ser bastante eficaz com relação ao desenvolvimento da atitude reflexiva, mobilizando o estudo e a construção de argumentos pelos estudantes. O Júri Simulado, aliado a temas controversos, pode gerar engajamento, estimular discussões e incentivar a participação ativa em processos decisórios (Souza; Cabral; Dantas, 2020).

Algumas propostas também foram baseadas nos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). No primeiro momento, de problematização inicial, os docentes introduzem questões reais e que remetem o estudante a reflexão sobre o que sabem previamente sobre o assunto, então, eles são induzidos a comentar sobre o tema. O intuito é iniciar uma discussão por meio de questionamentos, em que os estudantes percebam um certo distanciamento crítico, buscando elaborar hipóteses para sanar suas incompreensões sobre o assunto. Na sequência, busca-se aproximar os estudantes a conceitos e discussões que perpassam o conhecimento científico, no segundo momento, denominado de organização do conhecimento, em que eles serão expostos aos conteúdos e conceitos

selecionados pelos docentes. E, por fim, o terceiro momento, de aplicação do conhecimento, em que os estudantes podem articular os conhecimentos científicos estudados com as situações reais que vivenciam, elaborando assim, associações entre os temas abordados e diversas outras questões (Giacomini; Muechen, 2015; Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

A elaboração de atividades experimentais também foi usada no planejamento, algumas das quais aliadas aos três momentos pedagógicos. Como mencionado por alguns fragmentos representativos, as ações de prática experimental costumam reter a atenção dos estudantes, como foi o caso, segundo os licenciandos participantes. Porém, isso apenas não é suficiente, é preciso que os estudantes consigam traçar associações entre o tema relacionado, os conhecimentos científicos estudados, e os experimentos desenvolvidos, indo além da manipulação de artefatos ou observação dos fenômenos, mas que sejam capazes de se envolver na busca pela compreensão e solução de problemas (Souza, 2022). Seguindo essa perspectiva, a experimentação pode representar uma eficiente ferramenta didática para o Ensino de Ciências no contexto escolar, de modo que permita aos estudantes visualizar, ao menos em parte, alguns fenômenos articulados à teoria (Gonçalves; Goi, 2020), aos temas inovadores desenvolvidas.

Elencando o interesse de boa parte dos estudantes das escolas parceiras pelos temas inovadores trabalhados, as abordagens metodológicas de ensino foram apontadas pelos licenciandos como satisfatórias, através de suas observações sobre as reações dos estudantes. Ao analisar o contexto da abordagem dessas metodologias, podemos dizer que foram pensadas inovadoras maneiras de ensinar sobre a inovação científica em Química, e que um dos objetivos dessas ações foi de **possibilitar o aumento do interesse dos estudantes pelo estudo de Química**. Através de alguns fragmentos dos licenciandos envolvidos na pesquisa, há indícios que esse objetivo pode ter sido contemplado: "*através dos questionários aplicados aos alunos da escola, observou-se que os estudantes elogiaram a contextualização dos assuntos tratados com o cotidiano deles, indicando que quando os alunos identificam onde a Química está presente ela se torna mais interessante e menos complexa."* (LDi3R); "*[...] levar essas inovações científicas para as escolas é de grande importância, isso permite apresentar aos alunos alguns conceitos químicos de uma forma diferente do ensino tradicional, e essas inovações podem fazer com que os*

alunos se atraiam mais pela Química [...]" (LPi8TA); *"[...] a primeira turma, ao ir embora, disse que gostaria que as aulas tivessem sido assim ao longo do ano e que, talvez, até fossem se interessar pela Química."* (LDi5TA).

A partir dos trechos destacados, percebemos que, ao menos durante a realização das intervenções nas escolas, os estudantes mostraram-se interessados pelo que era a eles apresentado e discutido, indicando interesse relacionado ao estudo na disciplina de Química. Isso pode ser atribuído ao fato de que as atividades foram desenvolvidas buscando uma maior contextualização entre os temas. Ao considerar o contexto escolar, buscamos entender alguns dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos assuntos trabalhados, tendo Ciência de que os temas eram novos e pouco conhecidos, buscando, então, possibilitar associações destes com fenômenos do cotidiano e os articulando aos conteúdos escolares e demais questões sociais pertinentes. Esse movimento de estabelecer inter-relações, pode fazer toda diferença nos processos de ensino e de aprendizagem, principalmente considerando que as inovações científicas trabalhadas são pouco conhecidas. Assim, estimular os atos de reflexão, questionamento e envolvimento com os temas estudados, colocando o estudante como agente ativo nesse processo, tende a fazê-lo perceber sentido no estudo de temas e fenômenos que se articulam à sua realidade. Isso se difere do ensino pautado apenas em teorização, memorização de conceitos abstratos e desconexos com o cotidiano (GIACOMINI; MUENCHEN, 2015).

Ademais, outra potencialidade que se deve destacar no trabalho com temas inovadores na escola, diz sobre uma possível **aproximação com a universidade e o incentivo ao prosseguimento dos estudos.** Como destacado pelos licenciandos: "*Eu também acho importante levar inovação para a escola em função deles [estudantes da escola] conhecerem sobre, e também, como forma de estimular os estudantes a buscar entender mais sobre a química, sobre a universidade..."* (LPi10TA); *"[...] Além de ser importante a escola reconhecer mais e se aproximar da universidade (muitos laboratórios das universidades produzem inovações científicas). Nesse caso, incentivando os alunos a seguir nos estudos pós o término do ensino médio."* (LPi8Q); "*[...] que é importante levar isso para a escola, até como uma forma de divulgação das universidades e centros de pesquisa. Porque eu acredito que eles na escola agora, nem imaginam né, o que acontece nas universidades, as oportunidades... Pode ser o assunto de interesse de algum desses alunos ali, que*

pode pensar: Que legal, será que eu poderia entrar para esse curso, trabalhar com isso." (LPi9TA); "*Nesse contexto, ressalta-se a importância de promover a presença da universidade nas escolas, proporcionando a implementação de atividades distintas e mais envolventes para os discentes. [...] Tal proximidade contribui para que os alunos percebam a viabilidade e a acessibilidade do ingresso na educação superior, fomentando a ideia de que, caso expressem interesse em seguir esse caminho, também poderão alcançá-lo."* (LDi6R).

Em diferentes momentos, pudemos perceber a visão dos licenciandos com relação a importância de trabalhar com a inovação no contexto escolar. Durante o desenvolvimento deste trabalho, diversos foram os possíveis benefícios desejados e alcançados, um deles aponta para a divulgação do conhecimento científico produzido nas universidades que representam no país, os grandes centros de pesquisa (Antunes, 2013). A pesquisa científica e tecnológica é em parte responsável pelo desenvolvimento de inovação social, mas para que de fato as produções da Ciência moderna produzam impacto social, elas devem atingir e agregar qualidade, promover melhorias a sociedade (Capes, 2019a). Nesse sentido, por mais que o avanço do desenvolvimento científico produza novas inovações ao servir de alicerce para a Ciência básica, mesmo que ela não atinja parâmetros necessários para ser considerada uma inovação por si só, é bastante desejável que elas sejam compartilhadas, compreendidas e, até mesmo, incorporadas ao domínio social (Morés, 2018).

Ao proporcionar o entendimento das relações de produção entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) à população, sobre o que está sendo elaborado pela Ciência atual e seus possíveis benefícios sociais, ambientais, econômicos, entre outras implicações, os cidadãos poderão fazer parte de um processo decisório não neutro, de forma mais consciente (Santos, 2007; Santos; Mortimer, 2002). Além disso, acreditamos que promover uma maior interação entre as universidades como centro de pesquisa e as escolas, pode contribuir para que o estudante se sinta interessado, participante e estimulado a fazer parte desse espaço. Ou seja, ao entender o processo que constitui a natureza da Ciência, o no movimento de conhecer, por exemplo, as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas, quais seus principais objetivos, os cientistas que são responsáveis por essas investigações inovadoras, suas dificuldades e principais implicações sociais oriundas desses processos, poderá se contribuir de

forma significativa como forma de motivação genuína para que os estudantes queiram fazer parte dessa comunidade. Sejam suas ações voltadas ao interesse pela Ciência participando conscientemente como cidadão, e, talvez, do estudante como um futuro cientista (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016; Moura, 2014).

Nesse sentido, acreditamos que, além de divulgar o que é produzido atualmente pela Ciência, explorando diferentes perspectivas relacionadas à temas cientificamente relevantes para o contexto social, por meio do trabalho com a inovação, ao realizar o processo de mediação didática de temas da Ciência Química para o meio escolar, esses se tornam mais acessíveis à compreensão de parte da sociedade, os estudantes, o que é um dos preceitos da divulgação científica (Maceno; Guimarães, 2013; Xavier; Gonçalves, 2014). Ainda, é possível aproximar a universidade e a escola, reforçando o vínculo de parceria e auxílio mútuo que deve existir entre essas instituições. E, ao mesmo tempo, desenvolvendo uma certa "representatividade" dos estudantes da escola básica, ao conhecerem mais sobre a realidade das pesquisas e estudos que são elaborados, considerando as fragilidades, dificuldades, limitações desse trabalho. Isso pode ocorrer quando os estudantes da escola entram em contato direto com os licenciandos, vários deles, atuantes em diversas linhas de pesquisa da área da Química, com os estudantes de pós-graduação, representantes da pesquisa científica, auxiliando na desmistificação da visão deturpada do cientista e do trabalho da Ciência (Queiroz; Rocha, 2021).

Diante ao exposto, entendemos que além de apresentar os produtores e os resultados científicos, que podem originar uma inovação, é importante, também, discutir sobre o processo de construção, e de natureza da Ciência (Moura, 2014). Essa possibilidade de debate se torna uma outra grande potencialidade no trabalho com a inovação nas escolas, justamente o de debater sobre as **características do desenvolvimento inovador científico e tecnológico e da natureza da Ciência**. Como podemos observar em diversos trechos descritos pelos licenciandos sobre a realização das atividades nas escolas que, em muitas situações, possibilitam discussões sobre a natureza da Ciência: *"[...] dois alunos questionaram se "o fotocatalisador é um corante", e foi necessário explicar a eles que é algo parecido, mas não foi aprofundado o porquê disso, pois como é um assunto que envolve inovação, não é algo que está acabado e sim que está sendo estudado e que por isso alguns aspectos ainda não são conhecidos."* (LDi3R); "*Acho que levar para os*

estudantes temas inovadores, ajuda a demonstrar para os estudantes que a ciência não é um processo pronto e acabado. Ela está sempre em construção. A partir do momento que a gente leva novos temas, novos conhecimentos, passa um pouco dessa ideia, que não é só o que está lá no livro didático, que todo ano é apresentado para eles. Em que todo ano é apresentado aquele mesmo conteúdo, que também precisa ser estudado, mas eles precisam saber que vai além, que tem novos conteúdos, que vão propiciar um conhecimento diferente." (LDi3TA).

Os fragmentos indicam que as atividades com temas inovadores permitiram algumas discussões relacionadas à construção de um processo científico inacabado, em constante evolução e desenvolvimento. Essa importante característica de permanente transformação, corrobora com o surgimento de novas inovações, produzidas por meio de novos conhecimentos oriundos da Ciência, e que podem ser convertidos em novos conteúdos e conceitos a serem estudados no contexto escolar (Moura, 2014; Caruso; Marques, 2021). A abordagem de temas inovadores permite discutir implicações do conhecimento científico, e elencando a conteúdos escolares já estudados, e gerando a possibilidade de introduzir novos conceitos, o que inclui as discussões sobre a natureza da Ciência. Para isso, há a possibilidade de demonstrar por meio da inovação as características do conhecimento científico, como por exemplo, sobre a Ciência como uma construção realizada por meio de trabalho em conjunto, de diversos cientistas, a não neutralidade do processo, que conta com vários outros saberes anteriores em prol de novos conhecimentos, da reconstrução ou reconfiguração dos mesmos, para a representação de um benefício maior (Caruso; Marques, 2021; Chalmers, 1993). Ou seja, mesmo que aos temas inovadores, não se tem todas as respostas sobre o novo conhecimento em desenvolvimento, haja vista a sua estruturação e consolidação, ainda assim, discutir sobre eles e trazer à luz questões obscuras relacionadas a produção científica, consiste também em inovar no ensino, destacando inclusive sobre esse processo científico inacabado (Caruso; Marques, 2021).

O docente ao compreender esse processo contínuo de construção e assumir-se como aprendiz, juntamente com os estudantes, busca estudar e saber mais sobre um determinado tema (Frison et al., 2010; Sangiogo; Marques, 2016). Segundo o professor formador: "*Dá para explorar essa visão de Ciência, como processo, inacabada... A gente tende a levar para a escola esses estudos que estão mais*

acabados, consolidados, mas a gente pode mudar isso, é um movimento possível, interessante, pois quando se leva apenas o conhecimento consolidado, parece que ele é pronto. Só que na verdade quando a gente traz um tema novo, a gente não tem algumas respostas, se percebe que há algum problema nesse processo [...]" (PESDi1TA). Como destacado pelo docente, demonstrar fragilidades que circundam o processo de construção da Ciência é importante. O professor, como mediador no processo de ensino, por meio da abordagem de temas inovadores, pode explorar elementos que constituem o desenvolvimento da Ciência, utilizando de impasses reais, observando as dificuldades de implementação das inovações, por exemplo: "*Como exemplo, a questão de produção do hidrogênio como fonte energética: eles precisam pensar que há algum problema aí, de produção, ou de estoque, de ser um processo caro, ainda. Então tem questões que ainda carecem de serem estudadas para que isso seja viável. Então, quando a gente pega um tema novo como esse, tem coisas que não conseguiremos responder, e isso faz parte do processo, da Ciência [...]"* (PESDi1TA). Discutir com os estudantes, de modo a instigá-los a reflexão sobre as dificuldades em instituir inovações e melhorias na vida social, pode ter, portanto, esse caráter de demonstrar sobre o processo de construção da Ciência em si, de sua natureza inacabada, em transição, de atender demandas (Morés, 2018; Moura, 2014). Isso poderá contribuir também, para uma visão mais crítica dos estudantes sobre a inovação e a Ciência, como espera o professor formador: "*Uma visão de inovação pode gerar esse questionamento para eles, da construção da ciência, de criticidade."* (PESDi2TA).

Além das possibilidades e expectativas discutidas acima, relacionadas à natureza da Ciência e sobre a inovação, o docente do ensino superior destaca sobre as dificuldades em implementar um sistema de obtenção de energia baseada em hidrogênio verde, aspectos esses que poderiam ser mais bem debatidos com os estudantes da escola. Existem outras possibilidades de complementação de discussões associadas aos outros temas trabalhados, como por exemplo: da implementação em larga escala do método de adsorção de óleos e impurezas por meio das esponjas modificadas quimicamente; dos possíveis efeitos adversos, da toxicidade e dos outros perigos em lidar com estruturas químicas de nanomateriais, como os relacionados à tratamentos de saúde, ou à imagem fantasiosa presente na mídia, através de filmes de super-heróis em relação à nanociência; e aos altos custos

econômicos ao lidar com fotocatalisadores e seus sistemas para preservação ambiental. As limitações associadas aos temas trabalhados se tornam potencialidades de discussão, como destacado nos fragmentos a seguir: *"Alguns alunos também trouxeram exemplos de outros super-heróis com alguma relação à nanotecnologia, o que indica a presença crescente desta temática na mídia, mesmo que de um modo fantasioso e muito distante das verdadeiras possibilidades desta área."* (LDi7R); *"Tais visões reducionistas sobre C&T possivelmente tem influência sobre como ambas são retratadas na mídia e discutidas nas escolas, levando a visões acríticas de ambas. Estas influenciam e são influenciadas pela sociedade, fato este que mobiliza propostas com um debate crítico para as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade."* (LDi7R).

As falas do licenciando corroboram com a perspectiva de que a escola é um espaço democrático e propício para desmistificar questões que possam levar a concepções errôneas da Ciência e de seu conhecimento produzido. A ideia de fantasia e representação do que não existe, utilizando termos existentes e, muitas vezes, pouco conhecidos, mas bastante disseminados, comumente é transmitida a partir da mídia, como observado nos fragmentos de LDi7. Se na escola não houver debate, a fim de promover a informação, falsas concepções podem continuar avançando (Marques; Raimundo, 2021; Vilela, Selles, 2020). Como destacado por outro licenciando, ao relatar sobre o trabalho desenvolvido no laboratório de pesquisa que envolve a fotocatálise e a Química Verde: "*Para nós que fazemos pesquisa, é gratificante mostrar para as pessoas que o é feito no laboratório, não fica só no laboratório, e que a química não é sempre uma coisa ruim, como muitas pessoas veem."* (LDi3TA). E o espaço escolar, bem como a universidade, devem prezar pela informação de e sobre a Ciência e a Química inovadora, e buscar contribuir para uma maior autonomia dos estudantes no exercício da cidadania na vida social (Oliveira; Guimarães; Lorenzetti, 2016b). Os discentes, ao se tornarem conhecedores da Ciência, de seus objetivos, conhecimentos produzidos e sobre as implicações das produções inovadoras, poderão melhor pensar e decidir sobre as questões que a permeiam (Moura, 2014).

Na discussão relacionadas à natureza da Ciência, as controvérsias sociais tomam espaço em meio a propostas que visam trabalhar com a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), buscando formas de abordar esses temas voltados a formação para

a vida cidadã dos jovens. Isso, pois, na utilização da abordagem CTS, há a possibilidade de contemplar aspectos diversos como os socioeconômicos, éticos, históricos, entre outros, a fim de promover o ato da reflexão e a participação social ativa (Santos, 2007). Dessa maneira, um outro ponto a ser destacado, neste trabalho, diz respeito a **utilização do trabalho com a inovação como forma de divulgar os avanços científicos, tecnológicos e sociais, em prol de uma formação cidadã**, como apontado no fragmento a seguir: "[...] *penso que seja importante a sociedade, como também a escola saber sobre as inovações científicas feitas, dessa forma, reconhecendo as pesquisas que são realizadas e que podem contribuir para a formação de um cidadão crítico e reflexivo."* (LPi8Q).

Segundo o licenciando, um motivo bastante relevante pelo qual o trabalho com a inovação nas escolas se justifica, diz sobre informar e fornecer ferramentas para que os estudantes de fato conheçam e compreendam sobre a Ciência atual. Compreender sobre as inovações, saber lidar com elas, e as gerir, sendo capaz de promover mais soluções e inovações, são habilidades desejáveis para os estudantes na etapa do ensino médio (Brasil, 2018b; Rio Grande do Sul, 2021). Além disso, é um dever da escola prover condições adequadas para que ocorra liberdade intelectual e crítica, desenvolvendo, assim, uma formação integral, em que os estudantes conheçam, compreendam e reflitam sobre a Ciência e a inovação (Libâneo, 2004). Como destacado por outro licenciando, quando perguntado sobre a possível relevância do trabalho com a inovação nas escolas: *"Sim, porque a sociedade precisa participar dessas decisões, e para isso é necessário que saibam do que se trata."* (LPi1TA).

Conforme comenta o professor formador: "*A escola também é isso. Hoje você ensina esses temas, mas vão surgir temas novos que você e o aluno vão se deparar na vida. Então é importante esse movimento de buscar compreender sobre algo novo. Isso também é questão de preparar eles para a vida."* (PESDi1TA). A abordagem de novos temas envolve aprender a compreender, implica aprender a estudar, o que viabiliza uma formação com características mais voltadas ao preparo para a vida social e exercício da cidadania (Santos, 2007; Brasil, 2018a). Logicamente, o desenvolvimento de aprendizagens com essas características, envolve um trabalho em que haja uma preocupação em inter-relacionar vários pontos (como os já mencionados na primeira categoria de discussão desta sessão).

Diante ao processo de mediação didática de temas voltados à inovação, há o potencial para articulações referentes à temas científicos atuais, ao cotidiano, a conceitos e a conteúdos escolares, vinculados com questões sociais ou a demandas da sociedade (e que é reflexo, muitas vezes, do seu próprio desenvolvimento). Essa articulação também foi relatada no contexto da pesquisa: "*Acho bem importante que essa questão de inovação seja pensada nessas problemáticas atuais, apontar elas como possibilidades para esses problemas ambientais que surgem. Tudo deveria se interligar, para fazer mais sentido, o cotidiano, a época que a gente está vivendo, pensando na resolução de problemas, de desenvolver a lógica, para que não se perca essa questão de se pensar, não ficar no automático."* (LPi9TA).

Estimular o raciocínio lógico que seja condizente com uma racionalidade científica é importante para se alcançar uma formação mais voltada à cidadania, a partir da demonstração do trabalho com a inovação pautada no avanço científico e tecnológico (Rocha, 2012). O ideal é que os estudantes possam, a partir do entendimento alcançado, ter domínio sobre as inovações, no sentido de conhecê-las, compreendê-las e saber utilizá-las, por meio do conhecimento, o qual pode ajudar a orientar suas ações e decisões na vida social e cotidiana. Esse aspecto pode ser representativamente indicado, a exemplo dos trechos a seguir: "*Acho que já seria um ganho se os alunos conseguissem entender essa questão de escala, e pensar isso na vida social. Por exemplo, se eles veem em um rótulo de shampoo que ali tem tecnologia nano, e conseguissem pensar que qual seria a escala dos compostos ali associados, eles poderiam compreender se o produto realmente consiste no que aponta."* (PESDi1TA); e "*A inovação é de extrema importância, pois a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica, a relação com meio ambiente, etc."* (PEBDi2TA).

Os exemplos, citados pelos docentes do ensino superior, remetem a uma das questões que podem ser almejadas no trabalho com a inovação científica nas escolas. Nela, a partir dos temas abordados, os estudantes podem traçar associações, utilizar do conhecimento escolar, para interpretar elementos e diferentes dimensões da vida cotidiana (Wartha; Silva, Bejarano, 2013). Essas expectativas também foram pensadas pelos licenciandos, em relação ao trabalho realizado nas escolas, pensando no efeito que os temas inovadores podem causar em relação a formação cidadã: *"Acredito que nosso projeto contribuiu para que os estudantes conhecessem mais afundo sobre um tema inovador, que alguns tinham conhecimentos básicos sobre,*

podendo enxergar mais sobre o assunto no seu dia a dia, como a estudante que falou sobre o esmalte." (LDi5R). Nesse fragmento, o licenciando relata sobre o comentário feito por um estudante da escola básica, em que nanotecnologia era indicada como presente no rótulo de um cosmético. O fragmento denota a percepção de estudantes da escola, de que há a presença dos temas inovadores no cotidiano dos estudantes, e eles por sua vez, ainda pouco familiarizados com as inovações, sem compreender o que esses termos científicos e nomenclaturas significam. A reflexão sobre o tema permite indicar sobre o potencial da temática no contexto escolar, em função das transformações que ocorrem no meio social, os avanços científicos e a necessidade, da importância de se inteirar sobre os temas.

Ainda que o tempo disponível para realização das atividades nas escolas tenha sido pouco, o que impossibilitou o desenvolvimento de uma sequência didática, há o registro de efeitos que as atividades provocaram nos estudantes. Nesse sentido, há alguns apontamentos sobre **possíveis associações feitas pelos estudantes das escolas básicas em relação aos temas inovadores**, a exemplo de registros de LDi3 e LPi8, grupos que discutiram respectivamente sobre o tema de fotocatálise e Química Verde e, novos materiais para remediação ambiental: *"[...] os alunos perguntaram se o desbotamento da cor das roupas também era processo de reação mediada por luz, demonstrando assim que estavam conseguindo contextualizar o assunto da aula com o cotidiano."* (LDi3R); *"Em relação ao que aprenderam com a aula, os alunos descreveram que aprenderam que: "a química orgânica estuda os compostos dos elementos carbono, além deles serem bem importantes no dia a dia" e "aprendi sobre compostos luminescentes, que existem compostos que emitem luz diferente e sobre química verde"."* (LDi3R); *"Os alunos forneceram respostas aos questionários que entregamos, sintetizando a atividade em uma frase, como: "química verde trabalha questões ambientais"; "Aprendi sobre sustentabilidade"; "Aprendi que a química também está no cotidiano"; "Que existem catalisadores que podem acelerar processos Químicos"."* (LDi3R); "*Os estudantes trouxeram argumentos interessantes: "Remediar a situação, pois pensando na retirada do contaminante da água, como filtração, isso não previne que a água não seja contaminada novamente"."* (LPi8TA). Os fragmentos expostos, denotam associações feitas pelos estudantes, sobre os temas com o que é familiar à eles, como fenômenos observados em seu cotidiano e as inovações que estão sendo estudadas atualmente pela Ciência. Ainda que essas associações

tenham sido singelas, elas são importantes ao ponto em que sinalizam o início desse movimento de construção de conhecimento em relação a Ciência inovadora, ao fazer relatos, relações, reflexões e conclusões. Afinal, ao tecer associações entre o familiar e o desconhecido, surge a possibilidade de despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes, frente ao novo conhecimento, em função de perceber que o que eles sabem através do cotidiano, mostra-se insuficiente para avançar em determinada compreensão, tornando-se necessário mais conhecimento, como o presente na Ciência (Souza; Leite; Leite, 2015).

Esse processo de estabelecer associações entre novos temas e o que já é conhecido aos estudantes, é significativo no processo de mediação didática (Lopes, 1999). Ela simboliza a construção de uma espécie de "ponte" que interliga informações e pode promover o desenvolvimento de um processo de racionalidade científica, em que o estudante passa a assumir e incorporar cotidianamente palavras e sentidos provenientes dos discursos dos conhecimentos científicos, com o auxílio dos conhecimentos escolares, mas além deles, também os valores culturais de uma sociedade (Lopes, 1999; Lopes, 1997a; Vigotski, 2001).

Outra potencialidade observada, é referente às **possibilidades de discussão elencadas aos temas inovadores abordados**, deve ser mencionada nesta categoria. Inicialmente devemos deixar evidente que uma infinidade de possíveis discussões podem ser articuladas aos temas inovadores trabalhados. Muitas ideias surgiram durante a etapa de estruturação das intervenções, muitos conceitos e conteúdos químicos poderiam ser facilmente elencados aos temas, necessitando da seleção, de acordo com a relevância, o nível escolar dos estudantes, e a profundidade cognitiva que se esperava atingir dentro das possibilidades, considerando fatores como o tempo, por exemplo. Segundo o professor formador: "*A gente precisa se questionar: vamos ficar falando da mesma química para sempre, das ligações químicas, do átomo, estudando moléculas, substâncias? O que se fala hoje na ciência, não é nisso. Tem relação com isso, mas: eu não vou tentar introduzir questões inovadoras? Atuais?"* (PESDi1TA). Vale o exercício de questionamento e reflexão por parte do docente, o que deve ser reforçado no ato de pensar sobre o trabalho com a inovação, haja vista o inegável movimento de transformações que é vivenciado atualmente, pela Ciência e sociedade, considerando as mudanças no modo de viver ocasionados pela rapidez digital (Camargo; Daros, 2018).

Dessa forma, como professores, podemos entender o trabalho com a inovação como um convite a repensar antigas práticas, por exemplo sobre temas, conteúdos abordagens metodológicas (Lopes, 1999). Por isso, ao pensar em um tema atual a ser estruturado e levado à sala de aula, surgem diferentes conceitos tidos como possíveis e essenciais para possibilitar o entendimento das temáticas associadas com as inovações, sempre considerando diversas variáveis: "*O potencial de discussão do tema de vocês que estão trabalhando com o tema de hidrogênio verde é muito grande. Até porque o experimento que envolve eletrólise é um processo relativamente simples, e dá para abordar sobre eletroquímica, reações químicas, gases, e vários outros. Seria bom apontar essas possibilidades do tema."* (PESDi1TA); "*Tratamento do câncer a partir de nanomoléculas, permite entender processos de separação de misturas (adsorção), materiais poliméricos, análises químicas*" (LPi8TA); "*[...] a gente pode pegar e mostrar para eles sobre a pesquisa, usando alguns conteúdos que se relacionam, por exemplo, interações intermoleculares... apresentar para os alunos os conceitos, as interações que acontecem, e falar que tem projetos de pesquisa que trabalham sobre esses conceitos para remediação ambiental de poluentes nas águas [...]"* (LPi8TA).

Os temas inovadores demandam a articulação com conceitos e conteúdos químicos tradicionalmente trabalhados, mas eles também viabilizam abordar outras questões como: "*[...] todas essas discussões, essas notícias, que vêm surgindo no meio, sobre o Brasil como produtor de petróleo, sobre a produção de hidrogênio verde, são notícias recentes, falam de economia, de questões geopolíticas, utilizar e levar essas notícias para a escola, ver se eles ouviram alguma coisa..."* (PESDi2TA); "*Então tem aí uma questão ambiental, que vocês podem trabalhar, vocês podem abordar. Daí vocês podem trazer na atividade essa discussão sobre a produção da química de menor impacto ambiental, consequentemente, de menor impacto social."* (PESDi2TA); "*Acho muito legal que a atividade discutiu sobre um tema de pesquisa, muito discutido na ciência, sobre fotocatálise, e articulou isso com outros debates ambientais, explorando a química verde."* (PESDi1TA).

Como já mencionamos anteriormente, a fim de contribuir para a promoção de uma formação integral aos estudantes da escola básica, tendo em vista, que esse é um dos objetivos tidos para o Ensino Médio (Brasil, 2018a), é importante que sejam elencadas às temáticas inovadoras, a proximidade com a realidade dos estudantes,

trazendo aspectos de inovação vinculados ao tema, bem como, conteúdos e conceitos químicos e a discussão de questões sociais. Como observamos a partir desse ponto de discussão, é possível realizar as articulações mencionadas, pois os temas permitem essas interconexões, em função de suas abrangências. Além de tudo isso, vale lembrar que o estimulo a propagação de novos temas no contexto escolar, assim como, a atualização de conceitos, conteúdos e assuntos, é premissa importante no trabalho com a inovação na educação (Carbonell, 2002; Morés, 2018; Morés, 2014; Mota; Scott, 2014).

Por fim, nesta categoria ainda discutiremos sobre as **potencialidades do trabalho com a inovação científica no contexto escolar para a formação docente**. Inicialmente, abordamos sobre os benefícios descritos pelos licenciandos participantes do PIBID – Química da UFPel, em relação ao acompanhamento ao LaCoPol: "*Acho interessante a aplicação do conhecimento, e no grupo da físico-química, acredito que essas aplicações aconteçam frequentemente, possibilitando uma conversa entre minha graduação e a prática."* (LPi11Q); "*Com certeza, a inserção no meio da iniciação científica reflete positivamente na minha formação. Como fazer pesquisa, como pensar em novas ideias e como aplicar no laboratório. Esse não é o objetivo principal do curso, mas pode ser um conhecimento adicionado a mais."* (LPi9Q). Os licenciandos entenderam que a etapa de acompanhamento a um grupo de pesquisa de uma área diferente da que eles participam, complementou conhecimentos acerca da inovação Química. Além disso, consideram uma oportunidade que auxilia no entendimento sobre o funcionamento da Ciência, o poder participar de discussões, ver os instrumentos utilizados, os produtos formados e suas possíveis aplicações práticas. Nesse sentido, o contato com especialistas de uma determinada área de pesquisa, seus códigos e linguagens específicas, pode ser importante, não apenas na compreensão da inovação em questão, mas à formação inicial dos docentes em formação, ao ponto em que eles estão em maior contato com especificidades técnicas, e compartilhando com os pesquisadores de determinada área de inovação, a criticidade que circunda o meio educacional (Diniz-Pereira, 2014).

Além disso, os licenciandos mencionaram sobre o espaço de reflexão criado, no componente curricular, a partir das ações de extensão. O espaço permitiu a reflexão sobre a práxis docente, considerando a inovação no ensino e dos atuais avanços científicos, fazendo pensar sobre o processo de mediação didática, as suas

inserções no contexto escolar: *"[...] algumas contribuições significativas para a formação docente inicial por meio da extensão universitária, com destaque para o incentivo ao estudo e reflexão de uma temática inovadora abrangida pelos estudos atuais da Química e que possui uma presença crescente em produtos de mercado e midiáticos, criando assim uma visão popular sobre Ciência e Tecnologia sem a devida problematização crítica de suas potencialidades e limites."* (LDi7R); "*Contudo, sabe-se que existem pontos a serem melhorados para novas atividades extensionistas e que, dentre eles, o didatizar conteúdos inovadores. Por serem considerados complexos, permitem preparar os licenciandos para enfrentar os desafios da atuação docente."* (LDi3R); "*a atividade foi muito importante porque permitiu esse espaço de reflexão docente, da práxis docente, sobre esses temas, o modo como podem ser desenvolvidos na escola."* (LDi7TA); "*O ponto mais positivo, para mim, foi justamente de tentar trabalhar com algo que a gente não está acostumado, que é a questão da inovação. Buscar uma temática atual, e se informar sobre ela. E talvez em outros momentos, eu não teria essa oportunidade, em outras disciplinas, para poder parar e pensar, estudar sobre uma nova temática e como levar para a escola."* (LDi7TA).

Acreditamos que a parceria entre diferentes instituições, a universidades e as escolas, e, por consequência, entre os diferentes profissionais (da pesquisa e do ensino) é fundamental para que exista um espaço qualificado de reflexão sobre a prática docente, como sobre a inovação. Esse espaço pode ser criado a partir de diferentes projetos de ensino, pesquisa e extensão, a exemplo do realizado pelo PIBID. O PIBID é um programa reconhecido em função de proporcionar a relação dialógica entre universidade e a comunidade escolar, por permitir o contato de licenciandos, desde o início do curso, com o ambiente escolar, o seu futuro ambiente de trabalho, articulando teoria e prática, ao mesmo tempo que permite a elaboração de diferentes abordagens, estratégias e recursos de ensino (Passoni et al., 2012).

A extensão universitária, como o acompanhado no componente curricular de Interação Universidade-Escola também possui como características a promoção da participação ativa de graduandos na comunidade, fazendo com que eles conheçam as demandas emergentes da e com a escola. Isso viabiliza repensar e direcionar o trabalho da universidade para esse meio, em que, a partir dessa interação, possam construir experiências voltadas à vida profissional de sua área de formação (Bachmann, 2018). Dessa forma, defendemos a extensão universitária como espaço

ideal para o estabelecimento de parcerias entre as instituições, sendo, portanto, um convite à dialogicidade e às ações de reflexão docente, viabilizando a disseminação e a compreensão de novos e inovadores conhecimentos oriundos da Ciência (Campani; Silva; Parente, 2018; Sangiogo; Kohn; Freitas, 2022).

Nesse sentido, corroboram com a concepção de espaço de acolhimento, como os proporcionados pelo PIBID e pela disciplina de Interação Universidade-Escola, juntamente com as parcerias entre o grupo de pesquisa LaCoPol e as escolas parceiras da universidade. Eles proporcionaram aos licenciandos e docentes, articulados aos espaços de formação, diferentes momentos para (re)pensar o modo de desenvolver atividades, na práxis docente, sobre conteúdos e temas abordados no Ensino Médio, em contraste aos que são pesquisados na atualidade.

Segundo os licenciandos: "*Acho que estamos acostumados com padrão, a seguir o padrão da escola. Usar os mesmos conteúdos, os mesmos métodos, mas ninguém mais aguenta esse padrão, tem muitas pessoas que não se encaixam mais. A inovação é importante por isso."* (LPi1TA); "*Acho que o trabalho com a inovação, sempre vai me fazer pensar sobre isso. Agora, daqui pra frente, ao pensar sobre a inovação, como vou poder seguir trabalhando com essas questões. É legal pensar isso sobre esse processo na formação."* (LPi8TA); *"Foi gratificante ver as ideias surgindo, e a mobilização que nós licenciandos tivemos em pensar na inovação, que é importante que aconteça, porque é um assunto que está cada vez mais presente, e a gente não tinha essa mobilização, nunca tinha pensado nisso."* (LPi8TA); *"Para mim, vejo como uma oportunidade, por exemplo, minha família sempre pergunta, o que eu faço no laboratório, e eles acabam não entendo. Eu acho que agora, eu pude pensar uma oportunidade de mostrar o que eu faço no laboratório, em outro contexto. Ensinar um conteúdo, de algo que é feito no laboratório."* (LDi4TA). Ao longo do trabalho com o tema da inovação junto aos licenciandos, percebemos que, inicialmente, emergiu muitos questionamentos, em relação ao que é a inovação e seu processo, sobre olhares à diferentes eixos e possibilidades de trabalho com ela, como em reflexões sobre o currículo, sobre temas de discussão inovadores e o modo de ensiná-los. Muitos dos estudantes se sentiram desafiados ao serem expostos à essa proposta, de como levar a inovação científica para o cenário escolar.

Posteriormente, esses questionamentos e incertezas se transformaram em reflexões concretas, que resultaram em boas experiências relacionadas à construção

de uma vivência profissional. Nesse sentido, o desafio foi se tornando questionamento sobre o modo como a prática docente vem sendo realizada ao longo do tempo, as mudanças e transformações necessárias (Camargo; Daros, 2018). Dessa maneira, os licenciandos, e também os docentes, foram compreendendo que o trabalho com a inovação não resultou somente em uma transformação dos conhecimentos científicos em escolares – o que muitos poderiam descrever como o processo de transposição didática (Chevallard; 1991), de mediação didática (Lopes, 1999), de recontextualização didática (Marandino, 2004), entre outras teorias (vide capítulo 2, seção 2.2). As atividades realizadas nos contextos acompanhados fazem pensar sobre esse processo, sobre temas atuais da Ciência, as suas linguagens e especificidades, as possibilidades de didatizar e articular com o cotidiano, aos conceitos e conteúdos químicos, as questões sociais, entre outras. Nesse sentido, o trabalho com a inovação científica nas escolas, implica em repensar todo o modo como se organizam as ações docentes que dão origem aos processos de ensino e de aprendizagem (Carbonell, 2002) e, justamente por isso, podem contribuir tanto para a formação docente.

As ações organizadas no contexto desta pesquisa, viabilizaram a descrição e a avaliação de um processo de inserção de temas da inovação científica no contexto escolar, por meio da articulação dos temas abordados com outros eixos de domínio dos estudantes e que sejam importantes à formação integral (Brasil, 2018a). Também surgiram apontamentos importantes sobre dificuldades e potencialidades observadas, à formação de professores e ao processo de mediação didática (Lopes, 1999) para o contexto escolar. E referente a esse tópico de discussão, podemos destacar o potencial das ações realizadas, as quais permitiram o apontamento de um caminho viável para o trabalho com a inovação e, a compreensão de todo esse processo construído, definindo assim, as suas etapas e os benefício das parcerias estabelecidas, que garantiram o espaço de interação com a Ciência inovadora, com os locais de ação sendo estes as escolas, e o espaço de diálogo e reflexão. Nesse sentido, podemos dizer que a partir do trabalho com a inovação, ancorado também, na mediação didática de temas inovadores da Ciência, se atingiu a questão de pesquisa desta tese, referente ao questionamento relacionado à articulação da inovação entre conhecimento científico e conhecimento químico escolar.

As interlocuções proporcionaram novos e importantes aprendizados sobre a inovação, o ato de inovar no ambiente escolar, temas novos dentro do contexto de atuação e com possível impacto social, além da construção de todo um processo de mediação didática e compreensão acerca de suas fases e implicações, voltado à aspectos da inovação, considerando para isso suas características essenciais. A pesquisa também viabiliza a defesa de momentos de reflexão, fundamental na carreira docente, o que inclui sobre o papel da escola, do professor, da disciplina de Química, ao se questionar, estudar e contemplar aspectos da contemporaneidade. Idealizações e reflexões que não se encerram, haja vista que devemos continuar nos (re)construindo a todo momento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao buscar responder inicialmente à questão de pesquisa referente - Como se mostra a articulação da inovação entre o conhecimento científico e o conhecimento químico escolar no contexto do Ensino Médio? - tivemos como intuito central compreender e analisar o modo como poderia ocorrer a inserção da inovação presente de um contexto científico, ao cenário escolar. Esse movimento certamente implica em articulações a serem estabelecidas entre o conhecimento oriundo da Ciência Química e os movimentos que concernem a produção do conhecimento químico escolar.

A fim de contemplar a questão determinada, foram realizadas investigações que permitiram verificar, através de buscas e construção de uma revisão de literatura, o que historicamente é relatado sobre os conhecimentos científico e escolar, bem como sobre alguns pontos centrais da pesquisa científica inovadora na área de Química e no contexto da Educação Básica. A partir de dados levantados, inclusive em sites de órgãos de fomento à pesquisa, foi possível perceber que a inovação é um termo de significado amplo, que comumente é adaptável à diversos contextos, e que, de um modo geral, pode representar a introdução de novidades ou aperfeiçoamento de sistemas.

Ao mesmo tempo em que a inovação era investigada, por meio do aporte teórico levantado, ficou evidente a diferença existente entre os conhecimentos científico e escolar, os quais possuem objetivos, natureza e finalidades distintas. Sendo assim, ao atender o objetivo de construir uma revisão de literatura potente, percebemos que o trabalho com a inovação deveria estar focando nesses dois contextos específicos (do conhecimento científico e do escolar) que diferentes entre si, podem se complementar como modo de tornar viável o trabalho com o ensino de temáticas que envolvem a inovação científica. A tese elaborada pode ser tomada como um exemplo a ser pensado e aprimorado de como a Ciência pode alcançar a escola; em que se faz possível criar um ambiente de desenvolvimento de Tecnologias Sociais visando uma inovação social, inclusiva, e que conte com a participação efetiva da comunidade, construindo novos conhecimentos a partir da interação com temáticas inovadoras. Entendemos assim, como um dever da Ciência, estudos e projetos que contemplem as demandas sociais, a participação e o interesse da sociedade nesse processo.

Para construir um trabalho sobre a inovação, articulando Ciência e Ensino de Ciência, foi fundamental conhecer e compreender o que poderia ser considerado inovador na área da pesquisa científica em Química. A tese construída indica um caminho plausível de ser seguido, ao perceber uma falta de parâmetros estipulados que poderiam descrever sobre o que é ou não inovação, decidimos nos pautar nas principais características, como considerar todo o processo que inclui, por exemplo, a construção de aperfeiçoamento da Ciência básica, a busca pelo atendimento de demandas, e o intuito em gerar melhorias aos sistemas. Dessa maneira, a análise dos 45 artigos mais citados (de 2018 à 2020) dos três periódicos de maior fator de impacto na área de Química, nos permitiram vislumbrar temas recorrentes nas pesquisas em questão, os quais não necessariamente são compostos por conceitos recém surgidos da Ciência, porém, a busca frequente por estes dentro do contexto de produção científica e suas investigações que apontam para novas e/ou importantes possibilidades de aplicação, emergentes de demandas (da própria Ciência ou sociedade), fez com que os compreendêssemos como temas inovadores. Na análise, em função de um agrupamento realizado nos artigos, as temáticas que emergiram correspondem a: estruturas com metais; catálise química; nanomateriais; eletroquímica; baterias, capacitores e supercapacitores; células solares e sistemas fotovoltaicos; estruturas e materiais à base de carbono; entre outros; os quais estão associados à diversas aplicações na Química, como a produção novos e reformulados materiais e a sustentabilidade, para área da saúde humana e o atendimento de demandas energéticas. É fundamental destacar que a inovação e os temas inovadores são situados historicamente, ou seja, são inovadores neste momento histórico, em meio a nossa realidade atual. Nesse sentido, a tese especifica sobre o modo como esses temas foram selecionados e abordados, a fim de que em outros contextos históricos, esse caminho possa ser desenvolvido e considerado, ao encontrar novos temas e novas inovações a serem trabalhadas, se for esse o caso.

Após determinar sobre a inovação dentro de um dos contextos de investigação (o da Ciência Química), partimos para o entendimento relacionado ao conceito de inovação na educação. Para isso, foram realizadas análises em documentos oficiais que orientam e regulamentam a Química do Ensino Médio. A análise em 11 documentos oficiais do país indicam que termos correspondentes a inovação surgem nos textos a fim de: conceituar o que de fato ela é; dizer sobre sua relação com os

currículos escolares, no intuito de orientar a construção dos mesmos estabelecendo uma prática inovadora, estipulando expectativas com relação a formação de jovens baseada na inovação; sugerir metodologias e um trabalho docente inovador; e usar a inovação como forma de apontar e chamar atenção para mudanças na legislação.

Ao corroborar com as perspectivas de inovação mencionadas acima, e visando a inserção de inovação científica nas escolas, por assumir a importância desse processo em virtude da necessidade de trabalhar no cenário escolar com novas temáticas, novas abordagens e estratégias, de forma que elas acompanhem as mudanças sociais, tecnológicas e científicas, utilizamos dos temas inovadores da Ciência identificados, os associando à proposta de atividades escolares. Em meio a esse contexto, o objetivo foi de acompanhar e auxiliar esse processo, bem como, de compreender sobre como ele se daria. Dessa maneira, a tese aqui se constitui ao descrever e definir uma série de etapas, não lineares, que indicam uma possibilidade de trabalho com a inovação científica no ensino de Química, por meio da mediação didática de temáticas inovadoras. Além disso, a tese apresenta e discute algumas das implicações percebidas durante a construção do trabalho, como a defesa da construção de uma rede de apoio mútuo entre instituições e profissionais do Ensino Superior e Básico como forma de facilitar esse processo e orientar a construção do trabalho que deve ter como base o contexto cotidiano do estudante, as questões sociais, elencando conteúdos e conceitos da Química articulados ao tema inovador.

Para a construção do processo de mediação didática, foram selecionadas quatro temáticas inovadoras dos temas emergentes da análise aos 45 artigos científicos da área de Química, sendo elas: a produção de novos materiais para fins de remediação ambiental; nanomateriais (pensados na medicina e tecnologia); produção de hidrogênio verde como fonte energética; e fotocatalisadores e Química Verde. A produção das atividades escolares foi realizada junto a licenciandos em Química, em dois contextos: os participantes do PIBID-Química da UFPel; e os que cursavam o componente curricular de Interação Universidade – Escola. Ambos os contextos envolvem ensino e extensão universitária, a articulação com o contexto escolar, a formação inicial e continuada de professores, em atividades que eram acompanhadas por professores formadores e em atuação na escola, que orientavam sobre estratégias didáticas e de articulação entre os tipos de conhecimentos.

A partir do acompanhamento do processo de mediação didática construído nos dois contextos acompanhados, e análise ao *corpus* da pesquisa, emergiram três categorias: a primeira delas – O processo de construção das atividades que envolvem temas inovadores em Química e a transformação dos conhecimentos; a segunda – Desafios e dificuldades encontradas no trabalho com a inovação Química na escola; e a terceira – Potencialidades no trabalho com a inovação Química nas escolas. Todas originadas a partir da ATD, em função do agrupamento de fragmentos representativos semelhantes e que correspondiam ao foco de interesse do trabalho, de licenciandos e professores participantes da pesquisa.

Na primeira categoria, referente aos desencadeamentos originados do desenvolvimento das atividades com a inovação científica produzida pela Química e levada ao contexto da escola, houve análise do processo de mediação didática dos temas, como forma de indicar um possível caminho para o trabalho com a inovação. O estudo trouxe registros sobre o processo, permitindo analisar elementos e etapas importantes para a organização do professor, para a transformar um conhecimento oriundo da pesquisa científica, para que ele fosse incorporado ao contexto escolar. As referidas etapas ou fases de desenvolvimento desse processo consistem de: compreender um conceito de inovação (estar ciente e condizente com uma definição); compreender sobre os conhecimentos científicos inovadores (conceitos, conteúdos, teorias...); conhecer sobre o contexto específico em que a inovação será trabalhada (escolas, estudantes, conhecimentos prévios...); conhecer e ter certo domínio sobre abordagens de ensino (conseguir planejar estratégias didáticas que envolvam métodos e metodologias de ensino); estipular os objetivos para o trabalho com a inovação (qual o propósito, o que se deseja com a ação); encontrar o ponto de convergência (ponto ideal em que se pode avançar em aprofundamentos sobre a inovação, considerando e respeitando os limites dos estudantes e suas realidades); negociação de linguagens e estabelecimento de aproximações (buscar introduzir a inovação a partir do que já conhecido pelos estudantes); e refletir e repensar sobre todo processo desenvolvido (avaliação e autoavaliação do processo, com vistas a readequá-lo e aperfeiçoá-lo). Ainda que sejam etapas, elas não são lineares e sequenciais, podendo ser constantemente repensadas e qualificadas no processo.

Além do exposto, a primeira categoria discutiu ainda sobre a orientação de atentar para no trabalho com a inovação científica nas escolas, pauta-lo sobre quatro

bases ou pilares: o que já é conhecido pelo estudante (podendo utilizar do cotidiano, curiosidades...); a inovação em si (o que há de inovador sobre o tema e é interessante para os estudantes); os conceitos ou conteúdos de Química (trabalhados ou que se deseja trabalhar na escola); e a discussão de questões sociais (articuladas ao tema e que mobilizem reflexão). Esse caminho indicado para o trabalho com a inovação científica na escola, permite uma certa familiaridade dos temas (ainda novos e desconhecidos) com o contexto real, sem desprezar a relevância na abordagem dos conceitos químicos e não precarizando o ensino de conteúdos, bem como ao alicerçar essas discussões a questões sociais que corroborem com a perspectiva de formação cidadã.

Por fim, uma última premissa emergida e defendida nesta tese, diz respeito à constituição de uma rede de apoio mútuo, entre diferentes instituições e seus atuantes: os pesquisadores da área, na inovação trabalhada e os seus centros/grupos de pesquisa; os professores formadores e os espaços da universidade; e os professores da Educação Básica e os espaços e sujeitos do contexto escolar. Essas parcerias tendem a facilitar o processo de entendimento sobre a inovação, contar com orientações e conhecimentos no processo de mediação didática, e fornecer experiência e informações sobre o contexto específico em que a inovação será abordada, o que pode promover um processo mais adequado a quem o realiza.

Além da primeira categoria, a qual centra as premissas defendidas nesta tese, existem outras duas, as quais respondem ao objetivo referente a compreensão das implicações, as dificuldades e potencialidades, no processo de mediação didática da inovação Química. Com relação à categoria das dificuldades, foram evidenciadas, com relação ao processo de didatização: o desconhecimento dos estudantes sobre os temas; o tempo para o ensino e o estudo; a infraestrutura das escolas e para o preparo de materiais; a falta de materiais didáticos na literatura; e as dificuldades de avaliar o processo. Descrever sobre as dificuldades existentes é fundamental ao ponto em que podem orientar a elaboração de um processo mais atento aos desafios e necessidades. Já na categoria das potencialidades, ela demonstra a importância do trabalho desenvolvido e todos os benefícios que pode acarretar, como: a abrangência de possibilidades de trabalho dos temas inovadores; o interesse dos estudantes da escola; a possível motivação pelo estudo em relação a Química escolar; o interesse pelas metodologias empregadas; o potencial de discussão sobre natureza da Ciência

e seus avanços; a formação cidadã; a aproximação entre a universidade e as escolas, aos processos de extensão e divulgação científica; e as contribuições para a formação docente.

Dessa forma, o trabalho com a inovação científica nas escolas é justificável, não apenas por representar uma possibilidade de transformação necessária para o Ensino de Ciências, mas também em função das implicações que essa mudança pode acarretar para a formação dos estudantes e docentes. Isso foi apontado nas análises desenvolvidas a partir da elaboração das atividades com temas inovadores no contexto escolar.

Ao analisar sobre as etapas de desenvolvimento desse processo de mediação didática, suas dificuldades e potencialidade, percebemos que as três categorias estão relacionadas. As etapas apontadas, na primeira categoria, refletem de algumas dificuldades, também discutidas na segunda categoria, como por exemplo, a de evidenciar a importância e, ao mesmo tempo, a dificuldade de se compreender sobre o conceito de inovação. Essa primeira etapa do processo, na primeira categoria, é capaz de orientar o trabalho, como sobre os objetivos à serem alcançados. Ao mesmo tempo, o estabelecimento de uma conceituação sobre o que é inovação (não muito discutido e comentado nos contextos da Química, e até mesmo do ensino), não é simples, por ser bastante abrangente, levando a múltiplas possibilidades de abordagem sobre o tema trabalhado.

Ainda como exemplo, na segunda etapa a compreensão do conhecimento inovador, descrita na primeira categoria, mostra-se como um obstáculo ao trabalho com a inovação, conforme demonstrado na segunda categoria emergente da análise, porém, pode ser vencido por meio da rede de apoio entre instituições, defendida na primeira categoria. Em uma outra etapa destacada na primeira categoria, diz respeito ao conhecer o contexto no qual será desenvolvido o trabalho com a inovação (terceira etapa), o que pode auxiliar no enfrentamento de desafios relacionados a infraestrutura e tempo disponível nas escolas, dificuldades apontadas na segunda categoria. Essas interconexões estabelecidas entre as categorias originadas da análise, indicam a emergência de ideias e o estabelecimento de novas compreensões sobre a realidade estudada, no caso o processo de mediação didática do conhecimento científico inovador. Ao conhecer o contexto e o conhecimento dos estudantes, articulando-os com a temática inovadora, aproximamo-nos de relações entre a primeira e a terceira

categoria. Além disso, na primeira categoria desenvolvemos sobre a necessidade de discutir questões sociais diversas, elencando-as ao tema inovador, juntamente com o que pertence ao cotidiano do estudante, e os conteúdos e/ou conceitos da Química possíveis de serem articulados ao tema. Essa teoria é corroborada pelo evidenciado na terceira categoria (referente às potencialidades do trabalho) em que se demonstrou como oportunidade em potencial a discussão sobre a natureza da Ciência, como forma de auxiliar na promoção da formação cidadã no ensino básico.

E por fim, destacamos ainda, sobre a inter-relação entre as categorias, que ao mesmo tempo em na segunda categoria se discorre sobre o pouco conhecimento dos estudantes das escolas sobre o tema inovador, como uma dificuldade para o processo de mediação didática, exigindo assim, uma maior contextualização e tempo. A partir da terceira categoria, percebemos que esse diálogo sobre o pouco conhecido para os estudantes, pode representar uma possibilidade de despertar o interesse deles sobre o novo, contribuindo para aguçar a curiosidade e consequentemente o estudo nessa área, o qual pode ser organizado tendo alguns parâmetros iniciais, como os apresentado na primeira categoria.

Portanto, a tese em questão, a partir de todo trabalho desenvolvido, demonstrou possibilidades de um caminho que pode ser seguido, ao discutir e definir o que pode ser considerado inovador na Ciência Química e no Ensino de Química, tendo em vista a inexistência de parâmetros que definam e estabeleçam o conceito, em seus distintos contextos. A tese se constitui ao descrever e discutir uma série de etapas que indicam um modo plausível de lidar com um com a inovação científica, ainda pouco difundida no contexto escolar, para os quais há diferentes possibilidades, como as que discutem as implicações, os pontos negativos, refletidos em dificuldades e desafios, e os positivos, à potencialidade de abordar determinadas temáticas, como àquelas que permitem refletir sobre os benefícios da inovação à sociedade como um todo, em suas várias dimensões desse processo. Assim como é o percurso natural da Ciência, o de desenvolver novos conhecimentos científicos, e o da inovação, de garantir a continuação de novas investigações para inovações e reformulações.

Diante ao exposto, desejamos que novos trabalhos sejam baseados no estudo desenvolvido, nos novos temas e nas possibilidades que foram indicadas. Possibilidades essas que foram nesta tese evidenciados, e representam um caminho potente em função das etapas para mediação didática definidas, das premissas

(quatro pilares) a serem consideradas, bem como dos meios de prover uma rede de apoio para enfrenta esse processo que envolve a inovação científica levada ao contexto escolar. Desejamos também que, como sugere uma característica da inovação, exista, a partir desta pesquisa, várias outras, que busquem pelo aperfeiçoamento e ganho de qualidade no ensino e da atuação docente, ao pensar, organizar e avaliar intervenções que aproximem o Ensino de Química da escola, a uma Ciência mais viva e próxima dos estudos atuais presentes na comunidade científica, como aquelas que se fazem em grupos de pesquisa da universidade.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, J.; ARAÚJO, M.; DURÇO, B. B.; PORTEL, C. S.; PAGANI, M. M.; MACHADO, M. T. C.; TAVARES FILHO, E. R.; ESMERINO, E. A. Emprego da nanotecnologia como mecanismo de inovação tecnológica na indústria de alimentos: aplicações e desafios. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 12, p. 1-12, 2020.

AKKERMAN, Q. A; RAINÒ, G; KOVALENKO, M. V; MANNA, L. Genesis, challenges and opportunities for coloidal lead halide perovskite nanocrystals. **Nature Materials**, v. 17, p. 394-405, 2018.

ALBAGLI, S. Divulgação científica: Informação científica para a cidadania. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518- 542, 2011.

ANASTAS, P. T. The Law of the Land: Sustainable Chemistry Innovation. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 9, p. 5250-5251, 2021.

ANDRÉ, M. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAEEBA- Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, 2013.

ANTUNES, A. M. S. Inovação & propriedade industrial & indústria química. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1491- 1496, 2013.

ARTZ, J.; MÜLLER, T. E.; THENERT, K.; KLEINEKORTE, J.; MEYS, R.; STERNBERG, A.; BARDOW, A.; LEITNER, W. S ustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment. **Chemical Reviews**, v. 118, p. 434-504, 2018.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução por Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.

BACHMANN, A. M. R. Extensão universitária e inovação social: estudo em uma universidade pública municipal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 447- 466, 2018.

BAUER, F.; COENEN, L.; HANSEN, T.; MCCORMICK, K.; PALGAN, Y. V. Technological innovation systems for biorefi neries: a review of the literature. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, p. 1-15, 2017.

BAUER, F.; HANSEN, T.; HELLSMARK, H. Innovation in the bioeconomy – dynamics of biorefinery innovation networks. **Technology Analysis & Strategic Management**, p. 1-13, 2018.

BAUMANN, Zygmunt. **Globalização: As consequências humanas**. Tradução: Marcus Penchel. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999, p. 138.

BENDINELLI, R. C.; ANDRADE, S. G.; PRIETO, R. G. Inclusão escolar, redes de apoio e políticas sociais. **Revista Educação Especial**, v. 25, n. 42, p. 13-27, 2012.

BENEDICTO, E. C. P.; SILVA, P. R. L. Discussões acerca das formas de atualização de professores de química do Ensino Médio. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 282-287, 2018.

BERRIOS, L. V. M; COUTO, C. C. R; CURY, Y. D; REZENDE, P. H. O. **Fundamentos físico-químicos e matemáticos de um Memristor**. CEEL - Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em: https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/artigos/artigo_482.pdf. Acesso em: 27 de ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018a.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. In: **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Parecer Homologado Nº 18, de 11 de fevereiro de 2009. Proposta de Experiência Curricular Inovadora no Ensino Médio. **Ministério da Educação**: seção 1, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Parecer Nº 1, de 26 de fevereiro de 1997. Orientações Preliminares da Câmara de Educação Básica sobre Lei nº 9.394/96. **Ministério da Educação**: Brasília, DF, 1997a.

BRASIL. Parecer Nº 5, de 16 de maio de 1997. Proposta de Regulamentação da Lei nº 9.394/96. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 1997b.

BRASIL. Parecer Nº 8, de 08 de março de 2012. Análise do Projeto de Lei nº 3.153/2012, de emenda à Lei 9.394/96 (LDB), de autoria da Deputada Andreia Zito. **Ministério da Educação**: Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Parecer Nº 12, de 06 de novembro de 1997. Esclarece dúvidas sobre a Lei n° 9.394/96 (Em complemento ao Parecer CEB nº 5/97). **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 1997c.

BRASIL. Resolução Nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2018b.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. 4. ed. Brasília: Senado Federal, 2020.

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Revista Informação & Informação**, v. 15, p. 1-12, 2010.

CALDEIRA, A. M. S.; ZAIDAN, S. Práxis pedagógica: um desafio cotidiano. **Paidéia**, n. 14, p. 15-32, 2013.

CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. São Paulo: Penso, 2018.

CAMILLO, C. M.; GRAFFUNDER, K. G.; SEPEL, L. M. N. Análise da abordagem interdisciplinar e contextualizada na área de ciências naturais em livros didáticos do 9º ano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-15, 2021.

CAMPANI, A.; SILVA, R. M.; PARENTE, P. M. Inovação pedagógica na universidade. **Revista Educação e Fronteiras On-Line**, v. 8, n. 22, p. 18-34, 2018.

CANCINO, J; MARANGONI. V. S; ZUCOLOTTO, V. Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 521-526, 2014.

CAPES. Ministério da Educação. **Documento de área 04: Química**. Brasília, 2019 (a).

CAPES. Ministério da Educação. **GT Inovação e Transferência de Conhecimento – Relatório Final das Atividades do Grupo de Trabalho**. Brasília, 2019 (b).

CARNOBELL, Jaume. **A aventura de inovar: a mudança na escola**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002. 120p.

CARUSO, F.; MARQUES, A. J. Ensaio sobre o negacionismo científico em tempos de pandemia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1- 17, 2021.

CARVALHO; J. F. S.; OLIVEIRA, J. L. C.; GODINHO, C. S. A interdisciplinaridade como uma nova proposta para os estudos da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, v. 8, n. 3, p. 1-18, 2019.

CELLARD, A. A Análise Documental. In: POUPART, J. et al. (Orgs.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 295-316.

CHALMERS, Alan. **O que é Ciência afinal?**. Editora Brasilience, 1993.

CHASSOT, Attico Inacio. **A ciência é masculina? É sim, senhora!.** São Leopoldo: Unisinos, 2003, 110 p.

CHEMICAL REVIEWS. Chemical Reviews: About The Journal, 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/page/chreay/about.html>. Acesso em: 16 de fev. de 2022.

CHEMICAL SOCIETY REVIEWS. Chemical Society Reviews: Journals, books & databases, 2022. Disponível em: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/chem-soc-rev/>. Acesso em: 23 de fev. de 2022.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: Aique, 1991. 28 p.

CLARIVATE. Clarivate: Journal Citation Reports, 2022. Disponível em: <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/journal-citation-reports/>. Acesso em: 30 de ago. de 2022.

CNPQ. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Relatório de Gestão**. Brasília, 2017.

CNPQ. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Relatório de Gestão**. Brasília, 2019.

COLOMBO, Sônia Simões.; RODRIGUES, Gabriel Mário. **Desafios da Gestão Universitária Contemporânea**. São Paulo, SP: Penso, 2011. p. 80-96.

CORAZZA, S. M. Nos tempos da educação: cenas de uma vida de professora. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 12, p. 7-10, 2005.

CORRÊA, T.H.B. Diálogo e alteridade: a extensão na transversalidade do ensino superior. **Revista Triângulo**, v. 12, n. 1, p. 119-127, 2019.

COSTA, A. T. V.; MESSEDER, J. C. Análise de rótulos de suplementos alimentares em aulas de química: uma atividade de ensino de CTS. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 44- 52, 2019.

COSTA, E. A. S.; PIMENTA, S. G. Desafios e aprendizagens do diálogo e da profissão: com a fala os/as professores/as da educação básica. **Acta Scientiarum**, v. 43, p. 1-13, 2021.

COSTA, M. V. Imagens do consumismo na escola – a produtividade da cultura visual. **Instrumento**, v. 14, n. 2, p. 263-272, 2012.

CRUZ, G. B.; ANDRÉ, M. E. D. A. Ensino de didática: um estudo sobre concepções e práticas de professores formadores. **Educação em Revista**, v. 30, n. 4, p. 181-203, 2014.

DAGNINO, Renato. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: EDUEPB, 2014, 318 p.

DAYRELL, J. A escola “faz” as juventudes? Reflexões em torno da socialização juvenil. **Educação & Sociedade**, v. 28, n. 100, p. 1105- 1128, 2007.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002, 70 p.

DE PAULA, Charlene Barbosa. **A (trans)formação do Conhecimento Didático do Conteúdo no contexto da formação inicial em um curso de Licenciatura em Química**. 2022. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

DING, M.; FLAIG, R. W.; JIANG, H. L.; YAGHI, O. M. Carbon capture and conversion using metal– organic frameworks and MOF-based materials. **Chemical Society Reviews**, v. 48, p. 2783-2828, 2019.

DINIZ-PEREIRA, J. E. Da racionalidade técnica à racionalidade crítica: formação docente e transformação social. **Perspectivas em Diálogo Revista de Educação e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2014.

DUBAL, D. P.; CHODANKAR, N. R.; KIM, D. H.; GOMEZ-ROMERO, P. Towards flexible solid-state supercapacitors for smart and wearable electronics. **Chemical Society Reviews**, v. 47, p. 2065-2129, 2018.

DU, Y.; SHENG, H.; ASTRUC, D.; ZHU, M. Atomically Precise Noble Metal Nanoclusters as Efficient Catalysts: A Bridge between Structure and Properties. **Chemical Reviews**, v. 120, p. 526-622, 2020.

DUQUE, T. O.; VALADÃO, J. A. D. Abordagens teóricas de tecnologia social no Brasil. **Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 11, n. 5, p. 1-19, 2017.

EICHENBERGER, H. V. Ciência e Mercado. **História da Ciência e Ensino**, v. 19, p. 2-13, 2019.

EPICOCO, M.; OLTRA, V.; JEAN, M. S. Knowledge dynamics and sources of eco-innovation: Mapping the Green Chemistry Community. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 81, p. 388-402, 2014.

FAMPRIKIS, T; CANEPA, P; DAWSON, J. A; ISLAM, M.S; M; MASQUELIER, C. Fundamentals of inorganic solid-state electrolytes for batteries. **Nature Materials**, v. 18, p. 1278–1291, 2019.

FERRARINI, R.; SAHEB, D.; TORRES, P. L. Metodologias ativas e tecnologias digitais: aproximações e distinções. **Revista Educação em Questão**, v. 57, n. 52, p. 1-30, 2019.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Mini Aurélio Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001. 790 p.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 3- 31, 2012.

FERREIRA, W. M.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D.; SANTOS, B. L. S. R.; PITANGA, A. F. Corantes uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.

FONSECA, C. V. Representações sociais dos combustíveis: reflexões para o ensino de química e ciências na abordagem CTS. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 1-20, 2015.

FREITAS, F. M.; ABIB, P. B.; SANGIOGO, F. A. A inovação no contexto de documentos que regulamentam e orientam a formação de bacharéis licenciados em Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 10, n. 2, p. 234-253, 2024.

FRISON, M. D.; MALDANER, O. A.; PINO, J. C. D.; LOTTERMANN, C. L. O estágio de docência como articulador na produção de saberes e na formação de professores de química. **Revista Didática Sistêmica**, v. 11, p. 88-103, 2010.

GALVÃO, H. M; ALONSO, V. C; HERRERA, C. B; KRUGLIANSKAS. I; RODRIGUES JUNIOR, E. S. Inovação tecnológica ambiental em processos na perspectiva dos recursos e capacidades: estudo de caso em uma indústria química. **X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, outubro, 2013. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/39918421.pdf. Acesso em: 27 de ago. 2022.

GALLO, Silvio. Transversalidade e Formação de professores. In: RIVERO, Cléia Maria.; GALLO, Silvio. (Org). **A formação de professores na sociedade do conhecimento**. Bauru, SP: Edusc, 2004. p. 101-121.

GANDEEPAN, P.; MÜLLER, T.; ZELL, D.; CERA, G.; WARRATZ, S.; ACKERMANN, L. 3d Transition Metals for C-H activation. **Chemical Reviews**, v. 119, p. 2192-2452, 2019.

GENG, K.; HE, T.; LIU, R.; DALAPATI, S.; TAN, K. T.; LI, Z.; TAO, S.; GONG, Y.; JIANG, Q.; JIANG, D. Covalent Organic Frameworks: Design, Synthesis, and Functions. **Chemical Reviews**, v. 120, p. 8814-8933, 2020.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 339-355, 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed., São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOMES, R. C. M. Formação de professores: um olhar ao discurso do docente formador. **E-Curriculum**, v. 2, n. 3, p. 1-14, 2006.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 136-152, 2020.

GONZAGA, R. T.; SANTANDER, M. A.; REGIANI, A. M. A cultura Afro-Brasileira no ensino de química: a interdisciplinaridade da química e da história da cana-de-açúcar. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 1, p. 25-32, 2019.

GRECA, I. M; BRANDÃO, A. G.; SANTOS, V. C.; DIAS, A. S. Currículo inovador para a formação de professores em Ciências da Natureza do Ensino Fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 538-553, 2013.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HALMENSCHLAGER, K. R. Abordagem temática no ensino de Ciências: algumas possibilidades. **Vivências**, v. 7, n. 13, p. 10-21, 2011.

HAO, D.; QI, L.; TAIRAB, A. M.; AHMED, A.; AZAM, A.; LUO, D.; PAN, Y.; ZHANG, Z.; YAN, J. Solar energy harvesting technologies for PV self-powered applications: A comprehensive review. **Renewable Energy**, v. 188, p. 678-697, 2022.

HORNBURG, N.; SILVA, R. Teorias sobre currículo uma análise para compreensão e mudança. **Revista de Divulgação Técnico-Científica do ICPG**, v. 3, n. 10, p. 1-10, 2007.

HOU, J; INGANAS, O; FRIEND, R. H; GAO, F. Organic solar cells based on non-fullerene acceptors. **Nature Materials**, v. 17, p.119-128, 2018.

HUANG, Y.; REN, J.; QU, X. Nanozymes: Classification, Catalytic Mechanisms, Activity Regulation, and Applications. **Chemical Reviews**, v. 119, p. 4357-4412, 2019.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Riograndense: Química, 2022. Disponível em: <http://intranet.ifsul.edu.br/catalogo/curso/117>. Acessado em: 18 de jul. de 2022.

JENA, A. K.; KULKARNI, A.; MIYASAKA, T. Halide Perovskite Photovoltaics: Background, Status, and Future Prospects. **Chemical Reviews**, v. 119, p. 3036-3103, 2019.

JIN, H.; GUO, C.; LIU, X.; LIU, J.; VASILEFF, A.; JIAO, Y.; ZHENG, Y.; QIAO, S. Z. Emerging Two-Dimensional Nanomaterials for Electrocatalysis. **Chemical Reviews**, v. 118, p. 6337-6408, 2018.

JULIÃO, C; ALBUQUERQUE, S. S. Índices de refração não convencionais – uma breve introdução à simetria PT. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

JUNG, E; SHIN, H; LEE, B; EFREMOV, V; LEE, S; LEE, H. S; KIM, J; ANTINK, W. H; PARK, S; LEE, K; CHO, S; YOO, J. S; SUNG, Y; HYEON, T. Atomic-level tuning of Co–N–C catalyst for high-performance electrochemical H2O2 production. **Nature Materials**, v. 19, p. 436–442, 2020.

JUNIOR, E. B.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, A. C. O.; SCHNEKENBERG. G. F. Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 44, p. 36-51, 2021.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões sobre ciências e sobre o cientista entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 15, p. 11-18, 2002.

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do discurso de inovação curricular em química por professores do ensino médio: perspectivas e tensões. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 213- 231, 2008.

LEDERMAN, N. G.; KHALICK, F. BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature os Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497- 521, 2002.

LIBÂNEO, José Carlos. **Organização e gestão da escola teoria e prática**. Goiânia: Alternativa, 2004, 313 p.

LI, J.; WANG, X.; ZHAO, G.; CHEN, C.; CHAI, Z.; ALSAEDI, A.; HAYAT, T.; WANG, X. Metal–organic framework-based materials: superior adsorbents for the capture of toxic and radioactive metal ions. **Chemical Society Reviews**, v. 47, p. 2322-2356, 2018.

LIMA, G. S.; GIORDAN, M. Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino. **Revista Ensaio**, v. 19, p. 1-23, 2017.

LIMA, R. B; SILVA, C. M. L. F. O descarte das pilhas e baterias como tema de ensino em grupos cooperativos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n.1, 2018.

LIU, C; WANG, WANG, Y; LI, H; WU, Y; LI, Y; LI, J; HE, K; XU, Y; ZHANG, J; WANG, Y. Robust axion insulator and Chern insulator phases in a two-dimensional antiferromagnetic topological insulator. **Nature Materials**, v. 19, p. 522–527, 2020.

LIU, L.; CORMA, A. Metal Catalysts for Heterogeneous Catalysis: From Single Atoms to Nanoclusters and Nanoparticles. **Chemical Reviews**, v. 118, p. 4981-5079, 2018.

LIU, Y.; BHATTARAI, P.; DAI, Z.; CHEN, X. Photothermal therapy and photoacoustic imaging via nanotheranostics in fighting câncer. **Chemical Society Reviews**, v. 48, p. 2053-2108, 2019.

LI, Y; SHAO, H; LIN, Z; LU, J; LIU, L; DUPLOYER, B; PERSSON P. O. A; EKLUND, P; HULTMAN, L; LI, M; CHEN, K; ZHA, X; DU, S; ROZIER, P; CHAI, Z; RAYMUNDO-PIÑERO, E; TABERNA, P; SIMON, P; HUANG, Q. A general Lewis acidic etching route for preparing MXenes with enhanced electrochemical

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Conhecimento escolar: Ciência e Cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999. 236 p.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Unijuí, 2007. 228 p.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar: Inter-relações com conhecimentos científicos e cotidianos. **Contexto e educação**, n. 45, p. 40-59, 1997 (a).

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em química – Processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 563-568, 1997 (b).

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar: processos de seleção cultura e de mediação didática. **Educação & Realidade**, v. 22, n. 1, p. 96- 112, 1997 (c).

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 74, n. 177, p. 309-334, 1993.

LOZANO, D. P. L. A ambientalização do ensino como abordagem do interdisciplinar. **Latin American Journal of Science Education**, v. 6, p. 1-13, 2019.

LOZANO, D. L. P. Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: O caso dos professores universitários de química. **TEA**, n. 38, p. 167- 182, 2015.

LOZANO, Diana Lineth Parga; PENAGOS, William Manuel Mora; PÉREZ, Leonardo Fabio Mmartínez; ARIZA, Leidy Gabriela Ariza; RODRÍGUEZ, Blanca; CASTILLO, Jonatan López; ARCOS, Raquel Jurado; POVEDA, Yolanda Gómez. **El conocimiento didáctico del contenido (CDC) em química**. Bogotá: Universidad Pedagogica Nacional, 2015. 53 p.

LÜDKE, Menga.; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACENO, N. G.; GUIMARÃES, O. M. A inovação na área de Educação Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 48-56, 2013.

MACHADO, S. P.; CORTES, C. E. S.; ALMADA, R. B. Currículo mínimo versus diretrizes nacionais de curso: caminhos divergentes na formação dos profissionais da química. **Química Nova**, v.46, p. 126-130, 2023.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, n. 26, p. 95-183, 2004.

MARQUES, R.; RAIMUNDO, J. A. O negacionismo científico refletido na pandemia da Covid-19. **Boletim de Conjuntura**, v. 7, n. 20, p. 67-78, 2021.

MATALLANA, I. S.; SÁNCHEZ, J. R. B. Mapping the teaching of history of chemistry in Europe. **Journal of Chemical Education**, v. 94, p. 133- 136, 2017.

MATTOS, I. L; SHIRAISH, K. A; BRAZ, A. D; FERNANDES, J. R. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 373-380, 2003.

MATTOS, João Roberto.; GUIMARÃES, Leonam. **Gestão da tecnologia e inovação**: uma abordagem prática. 2 ed. São Paulo: Saraiva Uni, 2012, 448 p.

MEDEIROS, C. B.; GALVÃO, C. E. S.; CORREIA, S.; GÓMEZ, C.; CASTILLO, L. Inovação social além da Tecnologia Social: constructos em discussão. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v. 16, n. 3, p. 957-982, 2017.

MESQUITA, J. M.; FRAIHA-MARTINS, F.; LIMA, I. B. O PIBID e as tríades formativas integrando a formação inicial e continuada de professores de Química. **Revista de Debates em Ensino de Química**, v. 9, n. 2, p. 4-20, 2023.

MESSINA, Mudança e inovação educacional: notas para reflexão. **Cadernos de Pesquisa**, n. 114, p. 225-233, 2001.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, p. 249- 263, 2007.

MELZER, E. E. M.; SILVA, F. C. V.; NETO, J. E. S. Analisando as pesquisas envolvendo transposição didática de conteúdos químicos publicadas no Brasil. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 6, n. 1, p. 100- 114, 2016.

MINAYO, M. C. S; COSTA, A. P. Fundamentos teóricos das técnicas de investigação qualitativa. **Revista Lusófona de Educação**, n. 40, p. 11-20, 2018.

MIRON, M. V. G.; CAVALCANTI, F. C. B.; WONGTSCHOWSKI, P. Inovação tecnológica e produção no setor químico. **Química Nova**, v. 28, p. 86-90, 2005.

MÓL, G. S. Pesquisa Qualitativa em Ensino de Química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 5, n. 9, p. 495-513, 2017.

MONTEIRO, A. G. M.; YAMAGUCHI, K. K. L. O enfoque de CTS utilizando o açaí como ferramenta para o ensino de química. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 3, p. 41-49, 2019.

MONTEIRO, A. O que é inovação social? Meleabilidade conceitual e implicações práticas. **Dados**, v. 62, n. 3, p. 1-34, 2019.

MORAES; R. Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, Roque.; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. 3 ed., Ijuí: Unijuí, 2016. 257 p.

MOREIRA, M. D. D. Ciências com sabor: uma experiência pedagógica de inovação e interdisciplinaridade. **Revista Ponto de Vista**, v. 2, n. 10, p. 1-15, 2021.

MORÉS, A. Cursos de Pedagogia EaD: superando desafios – construindo inovações. **Educação**, v. 39, n. 2, p. 367-377, 2014.

MORÉS, A. Inovação Científica, Tecnológica e Pedagógica: Avanços na Educação Superior. **Educação Temática Digital**, v. 20, n. 1, p. 176-192, 2018.

MOTA, Ronaldo. O papel da inovação na sociedade e na educação. In: COLOMBO, Sônia Simões.; RODRIGUES, Gabriel Mário. **Desafios da Gestão Universitária Contemporânea**. São Paulo, SP: Penso, 2011. p. 80-96.

MOTA, Ronaldo.; SCOTT, David. **Educando para inovação e aprendizagem independente**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.

MOURA, A. F. A inovação tecnológica e o avanço científico: a química em perspectiva. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 851- 853, 2000.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência pelas lentes do currículo: Normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre Ciências. **Revista Ensaio**, v. 22, p. 1- 27, 2020.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de química. **Educación Química**, v. 24, n. 1, p. 163-173, 2013.

NASROLLAHPOUR, H.; SÁNCHEZ, B. J.; SILLANPÄÄ, M.; MORADI, R. Metal nanoclusters in point-of-care sensing and biosensing applications. **Applied Nano Materials**, v. 6, n. 14, p. 12609-12672, 2023.

NATURE MATERIALS. Nature Materials: Aims & Scope, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/nmat/aims>. Acesso em: 25 de fev. de 2022.

NITOPI, S.; BERTHEUSSEN, E.; SCOTT, S. B.; LIU, X.; ENGSTFELD, A. K.; HORCH, S.; SEGER, B.; STEPHENS, I. E. L.; CHAN, K.; HAHN, C.; NORSKOV, J. K.; JARAMILLO, T. F.; CHORKENDORFF, I. Progress and Perspectives of Electrochemical CO2 Reduction on Copper in Aqueous Electrolyte. **Chemical Reviews**, v. 119, p. 7610-7672. 2019.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: Contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, I. T.; STEIL, L. J.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. Pesquisa em ensino de química no Brasil entre 2002 e 2017 a partir de periódicos especializados. **Educação e Pesquisa**, v. 48, p. 1-24, 2022.

OLIVEIRA, M. B. O inovacionismo em questão. **Scientiae Studia**, v. 9, n. 3, p. 669-675, 2011.

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 121-147, 2016 (a).

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. O ensino de Química e a qualidade do ar interior: Análise de uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 521- 553, 2016 (b).

ÖZDEMIR, S. K; ROTTER, S; NORI, F; YANG, L. Parity–time symmetry and exceptional points in photonics. **Nature Materials**, v. 18, p. 783–798, 2019.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de ensino da Química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 31-36, 2003.

PANG, J.; MENDES, R. G.; BACHMATIUK, A.; ZHAO, L.; TA, H. Q.; GEMMING, T.; LIU, H.; LIU, Z.; RUMMELI, M. H. Applications of 2D MXenes in energy conversion and storage systems. **Chemical Society Reviews**, v. 48, p. 72-133, 2019.

PASSONI, L. C.; VEGA, M. R. G.; GIACOMINI, R.; BARRETO, A. M. P.; SOARES, J. S. C.; CRESPO, L. C.; NEY, M. R. G. Relatos de experiências do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no curso de licenciatura em química da Universidade Estadual do Norte Fluminense. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 201-209, 2012.

PASTORIZA, B. S.; VIEIRA, B. G. E.; MENDONÇA, R. B. A Química vai à escola e à comunidade: Um projeto voltado a divulgação científica na UFPel. In: MICHELON, F. F.; BANDEIRA, A. R. (Org.). **A extensão universitária nos 50 anos da Universidade Federal de Pelotas**. Pelotas: UFPel, p.389- 399, 2020.

PENAGOS; W. M. M.; LOZANO, D. L. P. El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico–epistemológicas con las tramas de contexto–aprendizaje. **TEA**, n. 24, p. 56- 88, 2008.

PENAGOS; W. M. M.; LOZANO; D. L. P. La imagen pública de la química y su relación con la generación de actitudes hacia la química y su aprendizaje. **TEA**, n. 27, p. 67-93, 2009.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PIFFERO, E. L. F.; SOARES, R. G.; COELHO, C. P.; ROEHRS, R. Metodologias ativas e o ensino de biologia: desafios e possibilidades no novo ensino médio. **Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 48-63, 2020.

PIMENTEL, A. O método da análise documental: Seu uso numa pesquisa historiográfica. **Cadernos de Pesquisa**, n. 14, p. 179-195, 2001.

PIMENTAL, N. M. A inovação como política na educação e na modalidade a distância. **Revista Educação e Políticas em Debate**, v. 9, n. 1, p. 73-89, 2020.

PINA, K. V.; PINTO, L. R.; MORATORI, R. B.; SOUZA, C. G.; BARBASTEFANO, R. G. Nanotecnologia e nanobiotecnologia: Estado da arte, perspectivas de inovação e investimentos. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, p. 115-125, 2006.

PINHEIRO, R. S. G.; NASCIMENTO, M. T. Análise do currículo referência de Química de uma rede estadual de Educação. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 3, p. 659- 675, 2018.

PISSARDINI, R. S. **Memcomputação**: características e aplicações em Computação paralela. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~amaris/mac-5742/reports/MemComputacao.pdf. Acesso em: 28 de ago. 2022.

QUADROS, A. L.; DA SILVA, D. C.; ANDRADE, F. P.; ALEME, H. G.; OLIVEIRA, S. R.; SILVA, G. F. Ensinar e aprender química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educar em Revista**, n. 40, p. 159-176, 2011.

QUADROS, A. L.; LOPES, C. M.; DA SILVA, F. A. B.; CORREA, J. M. M.; PIO, J. M.; TORRES, N. O.; PINTO, P. L.; NOGUEIRA, R. K. A percepção de professores e estudantes sobre a sala de aula de ensino superior: Expectativas e construção de relações no curso de química da UFMG. **Ciência & Educação**, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 103-114, 2010.

QUEIROZ, A. B.; ROCHA, M. B. Análise da representação da figura do cientista em filmes de ficção científica. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 17, n. 38, p. 88-104, 2021.

RAHMAN, U. U; HUMAYUN, M; GHANI, U; USMAN, M; ULLAH, H; KHAN, A; EL-METWALY, N. M; KHAN, A. MXenes as Emerging Materials: Synthesis, Properties, and Applications. **Molecules**, v. 27, 2022.

RAMOS, A. L. D; TANASE, S; ROTHENBERG, G. Redes metalorgânicas e suas aplicações em catálise. **Química Nova**, v. 37, n. 1, p. 123-133, 2014.

RAPHAEL, E; SILVA, M. N; SZOSTAKB, R; SCHAIVON, M. A; NOGUEIRA, A. F. Células solares de perovskitas: uma nova tecnologia emergente. **Química Nova**, v. 41, n. 1, p. 61-74, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Matrizes de Referência para o ano letivo 2022**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2022.

RIO GRANDE DO SUL. **Referencial Curricular Gaúcho - Ensino Médio**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2021.

ROCHA, M. B. O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p. 47-68, 2012.

RODRIGUES, J. S.; CARMO, K. P.; FREITAS, R. R. M.; SILVA, J. O.; LIMA, V.; BOTARO, V. R. Isolamento e caracterização de lignina acetossolve extraída do bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 4, p. 1-11, 2020.

ROSA, A. P.; GOI, M. E. J. A utilização de textos de divulgação científica no ensino de química. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 1- 24, 2020.

ROSA; M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 31- 35, 1998.

ROSCOFF, T. L.; RUFINO, M. L.; NUNES, J. S.; SANGIOGO, F. A. Uma proposta de ensino de química com a temática Covid-19 e medicamentos. **Revista Insignare Scientia**, v. 5, n. 2, p. 467-484, 2022.

ROSSI, E. R. Inovações educacionais no tempo presente e rupturas no paradigma moderno: Uma análise das pesquisas educacionais da Universidade de Genebra. **Educar em Revista**, v. 37, p. 1-23, 2021.

SAHLI, F; WERNER, J; KAMINO, B. A; BRAUNINGER, M; MONNARD, R; PAVIET-SALOMON, B; BARRAUD, L; DING, L; DIAZ LEON, J. J; SACCHETTO, D; CATTANEO, G; DESPEISSE, M; BOCCARD, M; NICOLAY, S; JEANGROS, Q; NIESEN, B; BALLIF, C. Fully textured monolithic perovskite/silicon tandem solar cells with 25.2% power conversion efficiency. **Nature Materials**, v. 17, p. 820–826, 2018.

SAMBIAGIO, C.; SCHÖNBAUER, D.; BLIECK, R.; DAO-HUY, T.; POTOTSCHNIG, G.; SCHAAF, P.; WIESINGER, T.; ZIA, M. F.; WENCEL-DELORD, J.; BESSET, T.; MAES, B. U. W.; SCHNÜRCH, M. A comprehensive overview of directing groups applied in metal-catalysed C–H functionalisation chemistry. **Chemical Society Reviews**, v. 47, p. 6603-6743, 2018.

SANGIOGO, Fábio André. **Representação de estruturas submicroscópicas no ensino de Ciências da Natureza e suas tecnologias: (re)construção de conhecimentos escolares**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências)

– Faculdade de Educação, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

SANGIOGO, Fábio A. **A elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas em aulas de Química da Educação Básica:** aspectos pedagógicos e epistemológicos. 2014. Tese de doutorado (Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SANGIOGO, Fábio André; MARQUES, Carlos Alberto. Por que a Pesquisa e as Concepções Pedagógicas e Epistemológicas em Espaços de Formação Docente?. In: GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. (Org); HERMEL, Erica do Espirito Santo. (Org). **Educação em Ciências e Matemática: Pesquisa e Formação de Professores**. Chapecó: Ed. UFFS, 2016. p. 215- 232.

SANGIOGO, F. A.; KOHN, P. B. A.; FREITAS, F. M. A inovação no contexto da extensão universitária – conceitos e possibilidades na área da química. **Expressa Extensão**, v. 27, n. 1, p. 63-76, 2022.

SANGIOGO, F. A.; ZANON, L. B. Conhecimento cotidiano, científico e escolar: especificidades e inter-relações enquanto produção de currículo e de cultura. **Cadernos de Educação**, v. 47, p. 144-164, 2014.

SANTAELLA, L.; CARDOSO, T. O desconcertante conceito de mediação técnica em Bruno Latour. **Matrizes**, v. 9, n. 1, p. 167-185, 2015.

SANTANA JÚNIOR; J. B. P.; FARIAS, S. A. Abordagem do tema socioambiental “lixo em meio aquático”: Uma estratégia reflexiva com enfoque CTS no ensino de química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 2, p. 532- 554, 2021.

SANTOS, A. J. R. W. A.; LAMPE, L.; SANGIOGO, F. A. O aprimoramento de conhecimentos populares por meio de oficina temática envolvendo a química do cotidiano. **Expressa Extensão**, v. 24, n. 1, p. 141- 152, 2019.

SANTOS, A. J. R. W. A.; LAMPE, L.; SILVA, V. S.; MOREIRA, L.; PAULA, C. Mediação de experiências e aprendizados associados à cultura em Química em escolas de Ensino Médio. **Expressa Extensão**, v. 25, n. 3, p. 20- 31, 2020.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigações em ações (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, Sergipe, v. 9, n. 7, p.1-6, 2013.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos.; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 3. ed. Porto Alegre: Unijui, 2003.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 1- 12, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência- Tecnologia- Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SCHUTYSER, W.; RENDERS, T.; BOSCH, S. V. D.; KOELEWIJN, S. F.; BECKHAM, G. T.; SELS, B. F. Chemicals from lignin: an interplay of lignocellulose fractionation, depolymerisation, and upgrading. **Chemical Society Reviews**, v. 47, p. 852-908, 2018.

SENTANIN, F. C.; ROCHA, A. C.; PARRA, K. N.; LANZA, M. R.; KASSEBOEHMER, A. C. Interactive lecture in redox chemistry: Analysis of the impact of the dissemination of university scientific research among high school students. **Journal of Chemical Education**, v. 98, p. 2279- 2289, 2021.

SHAO, Y.; EL-KADY, M. F.; SUN, J.; LI, Y.; ZHANG, Q.; ZHU, M.; WANG, H.; DUNN, B.; KANER, R. B. Design and Mechanisms of Asymmetric Supercapacitors. **Chemical Reviews**, v. 118, p. 9233-9280, 2018.

SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. **Cadernos Cenpec**, v. 4, n. 2, p. 196-229, 2014.

SILVA, A. A. A construção do Conhecimento Científico no ensino de Química. **Revista Thema**, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2012.

SILVA, E. C.; ROGGIA, I. Nova estrutura do ensino médio e os impactos da inserção de disciplinas formativas na formação profissional do estudante brasileiro. **Disciplinarum Scientia**, v. 23, n. 2, p. 1-13, 2022.

SILVA, J. I.; MOREIRA, E. M. S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. **Revista de Educação Pública**, v. 19, n. 39, p. 13-28, 2010.

SILVA, J. P.; NUNES, K. M.; SILVA, W. T.; MOREIRA, T. V.; SILVEIRA, I. H. V.; SEBASTIÃO, R. C. O. Methodological Process to Select, Develop, and Execute a ChemicaL Experiment for an Innovative Extension Project: Connecting Technological Research to Basic Education. **Journal of Chemical Education**, v. 98, p. 1562- 1570, 2021.

SILVA, M. L.; PASTOR JUNIOR, A. A.; RIBEIRO, E. G.; FONSECA, L. F.; BULLA, A. C. S.; DIAS, M. F. R. Experiências de divulgação científica e letramento científico sobre moléculas durante a pandemia da Covid-19. **Raízes e Rumos**, v. 8, n. 2, p. 252-263, 2020.

SILVA, Patrick Pascoal de Brito. **Estudo e caracterização de células solares de heterojunção livres de fulereno: PBTTPD/N2200**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e Automação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

SILVA, Tomaz Tadeu. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias de currículo**. Belo Horizonte: Autêntica, 1999, p. 156.

SILVEIRA, C.; AMARAL, C. D. B.; PANTANO, G.; BARBOSA, A. S.; OLIVEIRA, C. K. B. Q. M.; SIMÕES, T. R. G. Materiais lúdico-educativos sobre as mulheres cientistas do coronavírus e o alcance da divulgação científica. **Revista Extensão em Foco**, n. 23, p. 495- 513, 2021.

SIMON, P; GOGOTSI, Y. Perspectives for electrochemical capacitors and related devices. **Nature Materials**, v. 19, p. 1151–1163, 2020.

SINDHWANI, S; SYED, A. M; NGAI, J; KINGSTON, B. R; MAIORINO, L; ROTHSCHILD, J; MACMILLAN, P; ZHANG, Y; RAJESH, N. U; HOANG, T; WU, J. L.

Y; WILHELM, S; ZILMAN, A; GADDE, S; SULAIMAN, A; OUYANG, B; LIN, Z; WANG, L; EGEBLAD, M; CHAN, W. C. W. The entry of nanoparticles into solid tumours. **Nature Materials**, v. 19, p. 566–575, 2020.

SONG, J; WEI, C; HUANG, Z; LIU, C; ZENG, L; WANG, X; XU, Z. J. A review on fundamentals for designing oxygen evolution electrocatalysts. **Chemical Society Reviews**, v, 49, p. 2196-2214, 2020.

SOUZA, T. M. A experimentação no ensino de química na educação básica entre a teoria e a práxis. **ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 12, n. 1, p. 39-51, 2022.

SOUZA, T. F.; CABRAL, C. G.; DANTAS, J. M. Júri simulado: recurso didático para um ensino CTS em aulas de química. **Indagatio Didactica**, v. 12, n. 4, p. 503-518, 2020.

SOUZA, J. I. R.; LEITE, Q. S. S.; LEITE, B. S. Avaliação das dificuldades dos ingressos no curso de Licenciatura em Química no Sertão Pernambucano. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 5, n. 1, p. 135-160, 2015.

SPALDIN, N. A; RAMESH, R. Advances in magnetoelectric multiferroics. **Nature Materials**, v. 18, p. 203–212, 2019.

STENGERS, Isabelle. **Uma outra Ciência é possível**: manifesto por uma desaceleração das ciências. Tradução: Fernando Silva e Silva. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2023, 216 p.

STIGAR, R., RUTHES, V. R. M., MENDES, A. A. P. Revisões epistemológicas contemporâneas. **Universitas**, n. 24, p. 129-148, 2019.

TAVARES, F. G. O. O conceito de inovação em educação: uma revisão necessária. **Educação**, n. 44, p. 1-17, 2019.

TEE, S. Y.; WIN, K. Y.; TEO, W. S.; KOH, L. D.; LIU, S.; TENG, C. P.; HAN, M. Y. Recent Progress in Energy-Driven Water Splitting. **Advanced Science**, p. 1-24, 2017.

TEO, T. W.; GOH, M. T.; YEO, L. W. Chemistry education research trends: 2004-2013. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, n. 4, p. 470-487, 2014.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo de ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545-598, 2008.

THOUIN, F; VALVERDE-CHÁVEZ, D. A; QUARTI, C; CORTECCHIA, D; BARGIGIA, I; BELJONNE, D; PETROZZA, A; SILVA, C; KANDADA, A. R. S. Phonon coherences reveal the polaronic character of excitons in two-dimensional lead halide perovskites. **Nature Materials**, v. 18, p. 349–356, 2019.

UFPEL. Portal Institucional UFPel: Projetos, 2022. Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u3318>. Acesso em: 31 de ago. de 2022.

UFPEL. Projeto Pedagógico Curso de Química – Grau: Licenciatura. **Universidade Federal de Pelotas**, 2021, 162 p.

UFPEL. Universidade Federal de Pelotas: **Projeto Pedagógico Curso de Química - Grau Licenciatura:** Versão 8. Pelotas: UFPel, 2021. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/licenciaturaquimica/o-curso/projeto-pedagogico/.

VAZ, C. R. S.; GIROTTO JUNIOR, G.; PASTRE, J. C. A adoção da química verde no ensino superior brasileiro. **Química Nova**, v. 47, n. 3, p. 1-10, 2024.

VEIGA-NETO, Alfredo.; NOGUERA, Carlos. Ernesto. Conhecimento e saber apontamentos para os estudos de currículo. In: DALBEN, Ângela.; DINIZ, Júlio.; LEAL, Leiva.; SANTOS, Lucíola. (Org). **Didática e Prática de Ensino**: Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2010. p. 67-87.

VIGOTSKI, Lev. **A construção do Pensamento e da Linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001, 521 p.

VILELA, M. L.; SELLES, S. E. É possível uma educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1722- 1747, 2020.

WALLER, P. J; GÁNDARA, F; YAGHI, O. M. Chemistry of Covalent Organic Frameworks. **Accounts of Chemical Research**, v. 48, n. 12, p. 3053-3063, 2015.

WANG, F; BORODIN, O; GAO, T; FAN, X; SUN, W; HAN, F; FARAONE, A; DURA, J. A; XU, K; WANG, C. Highly reversible zinc metal anode for aqueous batteries. **Nature Materials**, v. 17, p. 543–549, 2018a.

WANG, H; CHEN, L; PANG, H; KASKEL, S; XU, Q. MOF-derived electrocatalysts for oxygen reduction, oxygen evolution and hydrogen evolution reactions. **Chemical Society Reviews**, v. 49, p. 1414-1448, 2020a.

WANG, Q.; ASTRUC, D. State of the Art and Prospects in Metal−Organic Framework (MOF)- Based and MOF-Derived Nanocatalysis. **Chemical Reviews**, v. 120, p. 1438-1511, 2020.

WANG, Q.; DOMEN, K. Particulate Photocatalysts for Light-Driven Water Splitting: Mechanisms, Challenges, and Design Strategies. **Chemical Reviews**, v. 120, p. 919-985, 2020.

WANG, Y. M; VOISIN, T; MCKEOWN, J.T; YE, J; CALTA, N. P; LI, Z; ZENG, Z; ZHANG, Y; CHEN, W; ROEHLING, T. T; OTT, R. T; SANTALA, M. K; DEPOND, P. J; MATTHEWS, M. J; HAMZA, A. V; ZHU, T. Additively manufactured hierarchical stainlesssteels with high strength and ductility. **Nature Materials**, v. 17, p. 63-70, 2018.

WANG, Z.; LI, C.; DOMEN, K. Recent developments in heterogeneous photocatalysts for solar-driven overall water splitting. **Chemical Reviews**, v. 48, p. 2109-2125, 2019.

WANG, Z; ZHANG, S; CHEN, Y; ZHANG, Z; MA, S. Covalent organic frameworks for separation applications. **Chemical Society Reviews**, v, 49, p. 708-735, 2020b.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contexto no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WRIGHT, R. H. The nature and organization of scientífic knowledge. **Journal of Chemical Education**, p. 270- 273, 1940.

WU, F; MAIER, J; YU, Y. Guidelines and trends for next-generation rechargeable lithium and lithium-ion batteries. **Chemical Society Reviews**, v, 49, p.1569-1614, 2020.

WU, J. B.; LIN, M. L.; CONG, X.; LIU, H. N.; TAN, P. H. Raman spectroscopy of graphene-based materials and its applications in related devices. **Chemical Society Reviews**, v. 47, p. 1822-1873, 2018.

WU, J.; WANG, X.; WANG, Q.; LOU, Z.; LI, S.; ZHU, Y.; QIN, L.; WEI, H. Nanomaterials with enzyme-like characteristics (nanozymes): next-generation artificial enzymes (II). **Chemical Society Reviews**, v. 48, p. 1004-1076, 2019.

XAVIER, J. L. A.; GONÇALVES, C. B. A relação entre a divulgação científica e a escola. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 7, n. 14, p. 182-189, 2014.

XIA, Q; YANG, J. J. Memristive crossbar arrays for brain-inspired computing. **Nature Materials**, v. 18, p. 309–323, 2019.

XIAO, X; ZOU, L; PANG, H; XU, QIANG. Synthesis of micro/nanoscaled metal–organic frameworks and their direct electrochemical applications. **Chemical Society Reviews**, v, 49, p. 301-331, 2020.

XUE, J.; WU, T.; DAI, Y.; XIA, Y. Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials, and Applications. **Chemical Reviews**, v. 119, p. 5298-5415, 2019.

ZHANG, G.; ZHAO, J.; CHOW, P. C. Y.; JIANG, K.; ZHANG, J.; ZHU, Z.; ZHANG, J.; HUANG, F.; YAN, H. Nonfullerene Acceptor Molecules for Bulk Heterojunction Organic Solar Cells. **Chemical Reviews**, v. 118, p. 3447-3507, 2018.

ZHAO, C.; CHEN, Z.; SHI, R.; YANG, X.; ZHANG, T. Recent Advances in Conjugated Polymers for Visible-Light-Driven Water Splitting. **Advanced Materials**, p. 1-52, 2020.

ZHU, J.; HU, L.; ZHAO, P.; LEE, L. Y. S.; WONG, K. Y. Recent Advances in Electrocatalytic Hydrogen Evolution Using Nanoparticles. **Chemical Reviews**, v. 120, p. 851-918, 2020.

ZUCULA, A. F.; AGUILAR JÚNIOR, C. A. Conhecimento, conhecimento escolar e discurso pedagógico. **Revista Periferia**, v. 10, n. 1, p. 229-243, 2018.

8. Apêndices

Apêndice 1 – Questionário 1

Questionário on-line enviado à seis docentes da Educação Básica de Pelotas:

1) Qual(is) Escola(s) que atua:

2) Atua em qual(is) ano(s) do Ensino Médio?

3) O que você pensa em relação a atualização dos conteúdos e temas trabalhados na escola? Você busca fazer mudanças e atualizações? Se sim, como costuma proceder?

4) Como docente de Química, como você entende a inovação no contexto educacional e no contexto científico? Trabalha com essas inovações? Se sim, cite um exemplo.

5) Gostaria de receber propostas ou materiais que abordam conteúdos atualmente presentes em pesquisas da área da Química, para trabalhar em aulas de Química da Educação Básica? Se sim, qual(is) tema(s) dos listados a seguir, você considera interessante:

d) Produção de polímeros e novos materiais para fins de remediação ambiental;

e) Nanotecnologia associada à promoção de melhorias na Ciência e na saúde humana;

f) Produção de novos e/ou reformulados métodos para promoção de energia limpa e sustentável;

Outro...

6) Com base na sua experiência como docente, você consegue pensar os temas citados na questão anterior (ou ao menos um deles), articulados a conteúdos que você trabalha na escola? Se sim, cite e comente um exemplo.

7) Caso encontre dificuldades, quais seriam elas, ao considerar trabalhar com a inovação no contexto escolar?

a) Compreender de fato o que é inovação;

b) Tempo para se dedicar a essa questão;

c) Falta de uma rede de cooperação/espaço dedicado à reflexão;

d) Falta de interesse em trabalhar com questões de inovação;

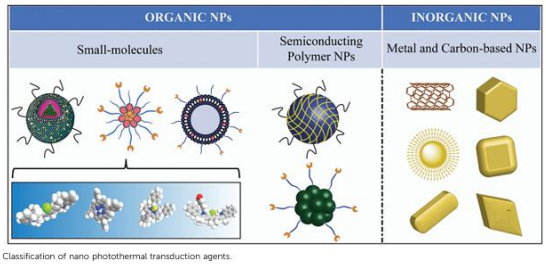
e) Todas as opções;

Outros...

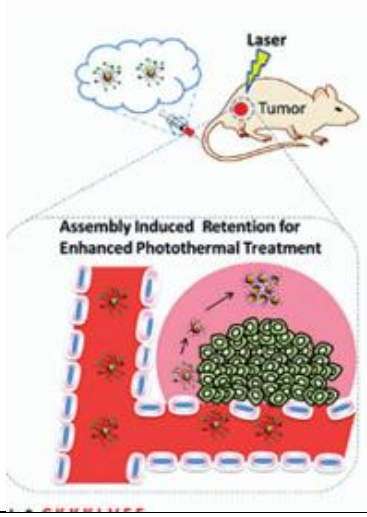
8) Se for do interessem, em quais períodos da manhã teria disponibilidade de abrir espaço para alguma intervenção por parte dos alunos da Licenciatura em Química?

Apêndice 2 – Recorte do material nanomateriais e o tratamento de câncer

Imagens das reportagens entregues aos estudantes da escola básica, referências de acesso, as quais deram origem aos textos que compunham o material de apoio na atividade dos nanomateriais para tratamento de câncer:



Classification of nano photothermal transduction agents.



Acessado em 24 de out. de 2023: https://agencia.fapesp.br/pesquisadores-do-icb-usp-tem-resultados-promissores-contra-o-cancer-de-pancreas/39243
Acessado em 10 de out. de 2023. https://jornal.usp.br/atualidades/nanomedicina-teranostica-quando-o-diagnostico-e-a-terapia-sao-simultaneos/
Acessado em 30 de set. de 2023. https://agencia.fapesp.br/grupo-da-usp-desenvolve-nanomateriais-para-diagnostico-e-tratamento-direcionado-de-tumores/37522
LIU, Y.; BHATTARAI, P.; DAI, Z.; CHEN, X. Photothermal therapy and photoacustic Imaging via nanotheranostics in Fighting câncer. **Chemical Society Reviews**, 2019.

Apêndice 3 – Recortes do material utilizado na atividade de produção de novos materiais para fins de remediação ambiental

Situação problema:

Ocorreu um vazamento de óleo do porto de Rio Grande, o incidente teria ocorrido durante o processo de abastecimento de uma embarcação, atracada no terminal Termas, cerca de 3mil litros de petróleo entraram em contato com a água, a equipe da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) está atuando no caso, mas está precisando de ajuda e convocou os estudantes da disciplina de práticas em laboratório do colégio Pelotense para descobrir alternativa de retirar de esta substância que causa impactos ambientais.

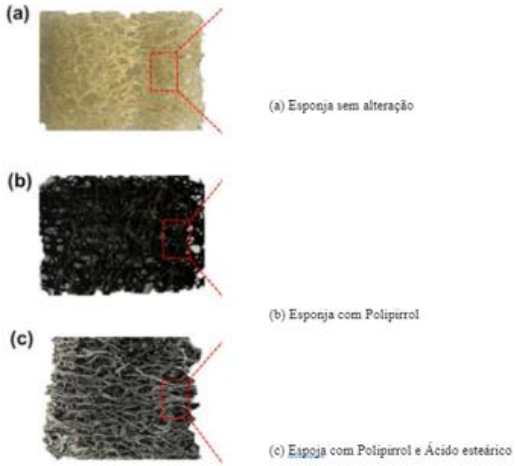
Diante do exposto responda a seguinte questão:

Como se pode retirar o óleo do mar de Rio Grande?

Fig. 1. Funil de decantação.

Texto 2 - Sobre a Decantação e o refino de petróleo:

Quando o petróleo é extraído, ele vem cheio de impurezas, que são então separadas por meio de processos físicos. Por exemplo, a decantação é utilizada para separar o petróleo da água salgada. Visto que a água é mais densa que o petróleo, ela fica na parte de baixo e o petróleo fica na parte de cima, podendo ser separados. Utiliza-se também da filtração para remover impurezas maiores, tais como areia, argila e pedaços de rochas.



Fonte: imagens fotografas pelos pesquisadores.

Referências

ATKINS, Peter. Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. Porto Alegre ArtMed 2018 1 recurso online ISBN 9788582604625.

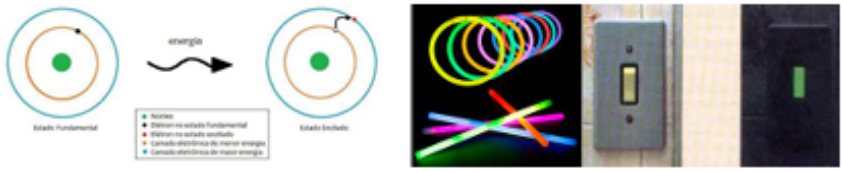
SILVA, Paula Katherine Leonez da. Remoção de óleo da água de produção por flotação em coluna utilizando tensoativos de origem vegetal. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

DA COSTA, Juliê S.; FAJARDO, André R. Polypyrrole/stearic acid-coated Luffa cylindrica for enhanced removal of sodium diclofenac from water: Batch and continuous adsorption studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 389, p. 136084, 2023.

Apêndice 4 - Recortes do material de apoio (entregue aos estudantes) utilizado na atividade de fotocatálise e Química Verde

Compostos luminescentes:

Existem certos compostos que tem a capacidade de emitir luz, por diferentes mecanismos, os quais são denominados como luminescentes. Quando ocorre um fenômeno dessa natureza, a nível molecular, através do fornecimento de energia, elétrons podem passar de um estado de menor energia para um estado de maior energia. Em condições normais, as moléculas se encontram em seu estado fundamental, ou seja, em seu estado de menor energia. Ao serem expostas a algum tipo de energia, essas moléculas são excitadas de modo a atingir estados energéticos superiores por um determinado período de tempo, antes de retornarem aos seus estados iniciais (Figura 3a).



(a) (b)

Figura 3: (a) Exemplificação de uma excitação eletrônica em um átomo. (b) Exemplos de materiais que brilham no escuro.

Compostos que emitem luz podem ser observados em diversas ocasiões. As pulseiras luminosas que brilham no escuro, comumente utilizadas em festas, são um exemplo disto. Outro exemplo está nos interruptores que brilham no escuro e facilitam sua localização na hora de acender uma lâmpada, por exemplo (Figura 3b).

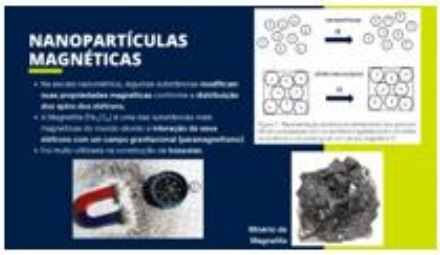
Referência: Martins, G. B. C.; Sucupira, R. R.; Suarez, P. A. Z. A química e as cores. *Rev. Virtual Quim.* **2015**, 7 (4), 1508-1534.

Diante disto, criou-se ao longo dos anos um consenso sobre os principais pontos ou princípios básicos da química verde. Os doze pontos que precisam ser considerados quando se pretende implementar a química verde em uma indústria ou instituição de ensino e/ou pesquisa na área de química são os seguintes:

Figura 1: Os 12 princípios da química verde.

Referências: a) Lenardão, E. J.; Freitag, R. A.; Dabdoub, M. J.; Batista, A. C. F; Silveira, C. C. Green chemistry – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n.1, p. 123-129,

Apêndice 5 - Recortes do material, incluindo trecho dos slides utilizados na atividade de nanomateriais e a nanociência e tecnologia



Apêndice 6 – Questionário 2

Questões feitas aos participantes do PIBID – Química UFPel:

1- O que você compreende sobre inovação?

2- Como identifica inovações na sua área?

3- Consegue se perceber inovando?

4- Acredita que a inovação interfere na vida social? E na Ciência?

Apêndice 7 – Questionário 3

Questionário entregue à seis Licenciandos em Química da UFPel, integrantes do grupo do PIBID, a fim de conhecer suas percepções em relação ao acompanhamento do Grupo LaCoPol da UFPel:

1- Em que semestre da graduação você está?

2- Há quanto tempo faz parte do PIBID Química da UFPel?

3- Já fez parte de outro subgrupo do PIBID (experimentação e/ou Educação ambiental)?

4- O que você entende por inovação de um modo geral? a) E inovação no contexto da Ciência? b) E inovação no contexto da Educação?

5- Cite temas/temáticas da Ciência Química que considera inovadores:

6- Considera importante que inovações científicas atinjam de alguma forma o contexto da escola e a sociedade no geral? Por quê?

7- O que você imagina compreender, aprender e/ou conhecer a partir das reuniões de seminários com o grupo LaCoPol?

8- Como participante do PIBID e futuro docente de Química, acredita que participar de encontros com um grupo de pesquisa da área aplicada de Química poderá contribuir de que forma para sua formação e atuação na escola?

Apêndice 8 – Questões 4

Questões prévias preparadas para entrevista semiestruturada com participantes do PIBID Química UFPel e participantes da disciplina de Interação Universidade Escola (que puderam participar), com relação a finalização das atividades que envolveram inovação:

1- Como vocês percebem a inovação neste momento? (Ao final das atividades desenvolvidas relacionadas à essa temática)

2- O que considera importante com relação ao trabalho com a inovação que vocês pretendem utilizar na vida profissional no futuro?

3- Em várias oportunidades, muitos de vocês mencionam a inovação como o “fazer algo de diferente”, mas o que de fato consideram esse “algo diferente”? O que é diferente na inovação?

4- Como licenciandos e futuros docentes em Química, como pretendem buscar a inovação? Na Química? E em relação ao Ensino de Química?

5- O que foi mais difícil no trabalho com a inovação? No planejamento com as atividades? O que foi mais interessante/gratificante nesse trabalho? Consideram que ele é pertinente? Por quê?

6- Como vocês imaginam um bom trabalho (ainda que ideal) com a inovação na escola?

9. Anexos

Anexo 1 – Termo de Consentimento livre e esclarecido

UFPEL - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CCQFA - CENTRO DE CIÊNCIAS QUÍMICAS, FARMACÊUTICAS E DE ALIMENTOS

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu Paola Bork Abib, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da UFPel, desenvolvo uma pesquisa sobre como pode ser compreendida a inovação relacionada tanto a área da Ciência Química, quanto a área do Ensino de Química. E quais suas principais implicações, como potencialidades e limitações, relacionadas ao Ensino Médio.

Assim, para tanto, gostaria de contar com a sua colaboração na pesquisa. Nessa contribuição poderão ser utilizados registros (escritos ou gravados) de questionários, de entrevistas e/ou de aulas. Ressalto, todavia, que tanto os conteúdos escritos, quanto os das gravações, preservarão seu anonimato, pois as utilizações dessas informações serão codificadas. Esses materiais têm objetivo de produzir publicações com fins científicos. As falas ou escritos ficarão sob responsabilidade da doutoranda e do orientador professor Fábio André Sangiogo.

Fica assegurado que não terei nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderei deixar de participar ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerei qualquer prejuízo. Também fica assegurado que os sujeitos envolvidos não incorrerão em nenhum risco advindo de sua participação e que poderão obter benefícios, com vistas a contribuir com a formação docente de licenciandos e professores envolvidos e, consequentemente, na melhoria da qualidade do ensino desenvolvido na escola ou universidade.

A qualquer momento da pesquisa o Senhor(a) tem o direito de retirar seu consentimento, bastando comunicar a sua decisão. **Caso deseje aceitar este convite e fazer parte do estudo, por gentileza assine as duas vias ao final deste documento**.

Agradeço desde já sua colaboração, fico à disposição para qualquer outro esclarecimento.

Telefone: (53)981086858 (Paola Bork Abib) ou (53)98155-9826 (Fábio André Sangiogo). E-mail: paola02bork@gmail.com ou fabiosangiogo@gmail.com. Endereço: Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Campus Capão do Leão, Prédio 31, CEP 96160-000, Pelotas/RS.

Cordialmente,

_____
Prof. Paola Bork Abib

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu,_____, RG:_____, abaixo assinado, aceito participar da pesquisa. Declaro que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre a pesquisa. Além disso, estou ciente de que receberei uma cópia desse documento e que, a qualquer momento, poderei retirar meu consentimento sem que isto me leve a qualquer penalidade ou prejuízo, comunicando a prof. Paola Bork Abib ou o prof. Fábio André Sangiogo pelo telefone ou e-mail.

Pelotas, ___ de _____ de ____.

_____
Assinatura