

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**Metodologia de Resolução de Problemas aliada à temática Agrotóxicos:
Avaliação de uma Proposta de Educação CTS para disciplinas da área de Química
Analítica Instrumental com Ênfase em Técnicas Cromatográficas**

Dissertação de Mestrado

MARISA LONGO

Porto Alegre, Junho de 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**Metodologia de Resolução de Problemas aliada à temática Agrotóxicos:
Avaliação de uma Proposta de Educação CTS para disciplinas da área de Química
Analítica Instrumental com Ênfase em Técnicas Cromatográficas**

Dissertação de Mestrado

MARISA LONGO

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Química

Prof. Dra. Camila Greff Passos
Orientadora

Prof. Dra. Carla Sirtori
Co-orientadora

Porto Alegre, Junho de 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Longo, Marisa

Metodologia de Resolução de Problemas aliada à temática Agrotóxicos: Avaliação de uma Proposta de Educação CTS para disciplinas da área de Química Analítica Instrumental com Ênfase em Técnicas Cromatográficas / Marisa Longo. -- 2023.
153 f.

Orientadora: Camila Greff Passos.

Coorientadora: Carla Sirtori.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Ensino de Química Analítica. 2. Habilidades cognitivas. 3. Atrazina. I. Passos, Camila Greff, orient. II. Sirtori, Carla, coorient. III. Título.

DECLARAÇÃO

Este trabalho foi realizado por Marisa Longo, sob orientação da Prof. Dra. Camila Greff Passos e coorientação da Prof. Dra. Carla Sirtori, entre Junho de 2021 e Junho de 2023.

Marisa Longo

Prof. Dra. Camila Greff Passos

Prof. Dra. Carla Sirtori

Dedico esse trabalho a meus pais, Moacir e Zenaide e a todos que me apoiam na minha caminhada de vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida a mim destes e a Nossa Senhora da Salete pela proteção e por todas as intercessões recebidas.

Aos meus pais, Moacir e Zenaide, que são a razão do meu existir, muito obrigada por tudo, eu amo vocês demais. A minha avó Irma por suas orações e exemplo de vida. A meu avô Nacide, minha maior saudade e eterna estrela dos meus dias, e a toda a minha família por acreditarem e me apoiarem em cada conquista.

Aos meus irmãos Marcelo e Maicon, por todo apoio, ajuda e incentivo na minha caminhada na busca dos meus sonhos. Vocês sabem a importância que têm na minha vida, eu amo muito vocês.

Ao meu namorado Dieison, por todo apoio, compreensão, ajuda e incentivo nos meus estudos. Anjo, muito obrigada por tudo, eu amo muito você.

Aos meus sogros, por sempre serem tão gentis e compreensivos nas minhas ausências nos almoços de domingos.

À minha Coorientadora Prof^a Dra. Carla Sirtori por toda ajuda, conhecimento, pelo estágio em docência, por sempre me incentivar e por toda dedicação. Você é um exemplo de educadora, minha gratidão.

À minha Orientadora Prof^a Dra. Camila Greff Passos por toda ajuda, conhecimento, compreensão nos momentos que eu ficava ansiosa, por toda leveza nas palavras e dedicação para comigo. Você também é um exemplo de educadora para mim. Ter tido vocês duas como minhas orientadoras foi uma honra e satisfação imensa.

A todos os professores do PPGQ que através das disciplinas cursadas contribuíram para o meu conhecimento. E às amigas que o PPGQ me proporcionou, Daniele e Larissa, agradeço por todas as conversas, dicas e apoio.

À minha amiga Pâmela, por todo apoio, conversas e estar sempre presente na minha vida.

Às minhas amigas e primas, Júlia, Bruna e Bárbara, por todo apoio, escuta e por me acalmarem nos momentos que eu ficava preocupada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de auxílio financeiro.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

(Paulo Freire)

TRABALHOS REALIZADOS DURANTE A ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Artigo submetido: LONGO, M; SIRTORI, C; PASSOS, C. G. Overview and challenges of didactic strategies employed in analytical chemistry teaching in higher education. Chemistry Education Research and Practice

Trabalhos completos publicados em anais de eventos: LONGO, M; SIRTORI, C; PASSOS, C. G. Metodologia de Resolução de Problemas: a percepção de estudantes do ensino superior na disciplina de Química Analítica. VI Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias. 2022.

RESUMO

Neste trabalho de natureza qualitativa e interpretativa analisou-se as potencialidades do uso da metodologia de Resolução de Problemas (RP) na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A, mais especificamente para o ensino e aprendizagem de conceitos sobre técnicas de extração e pré-concentração de amostras e de técnicas cromatográficas de análise, aliadas à temática agrotóxicos e ao princípio norteador da interface Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A aplicação ocorreu ao longo de três semestres (2020-1, 2020-2 e 2021-1) no período de Ensino Remoto Emergencial, devido a pandemia do COVID-19 causada pelo SARS-CoV-2, com a participação de 46 estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Biotecnologia. Os dados foram levantados por meio do questionário, para a verificação da percepção dos estudantes frente a metodologia de RP. Também foram considerados os registros do diário de campo das pesquisadoras e as produções dos estudantes com as resoluções dos problemas (relatórios e vídeos), para identificar o nível cognitivo mobilizado no processo de investigação. Para tal, três problemas foram elaborados sobre o uso de agrotóxicos na agricultura e as suas consequências, desde contaminação no meio ambiente, alimentos e intoxicações que são fatores de risco. O agrotóxico selecionado para os três problemas foi a Atrazina, pelo seu amplo uso e, também, por ser um dos agrotóxicos regulados na legislação vigente. Nesse viés, os problemas questionaram os estudantes como sendo técnicos de uma equipe de laboratório no intuito de resolverem a seguinte situação: Para o problema I, como eles fariam a análise da Atrazina em uma amostra de água superficial indicando a técnica de extração/pré-concentração e técnica cromatográfica de análise que deveria permitir identificar e quantificar tal analito. Para os problemas II e III, os alunos teriam os mesmos questionamentos, mudando apenas a matriz de estudo, que seria o solo no problema II e o milho no problema III, respectivamente. Os problemas solicitaram ainda a pesquisa e reflexão sobre os termos “agrotóxicos”, “defensivos agrícolas” e “venenos” e alternativas ao modelo de monocultura adotado no Brasil, enfatizando vantagens e desvantagens desse modelo alternativo desde o ponto de vista ambiental, econômico e sociocultural. Os resultados foram organizados em três eixos temáticos e apontam que a RP evidenciou o favorecimento do processo de ensino e aprendizagem de conceitos sobre técnicas de extração e pré-concentração de amostras, técnicas cromatográficas de análise, aliadas à temática agrotóxicos e ao princípio norteador CTS. Também, os enunciados dos problemas utilizados contemplaram as características de um problema eficaz para o contexto do ensino superior de Química Analítica, assim, sendo considerados como de nível elevado (P3), pois os estudantes utilizaram os dados obtidos ou

solicitados nos enunciados para proporem hipóteses, realizaram inferências, avaliaram condições e generalizaram soluções. O desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem mais alta foi evidenciado nesta pesquisa, visto que as resoluções apresentadas pelos estudantes demandaram a mobilização de níveis cognitivos intermediários (N3) e mais elevados (N4 e N5), como se verificou com a capacidade de reflexão crítica envolvendo a elaboração de hipóteses, inferências e avaliação das condições gerais para alcançar uma tomada de decisão sobre a escolha das técnicas de extração e pré-concentração de amostras, tal como de técnicas cromatográficas de análise. Além disso, a atividade de RP pôde contribuir para o desenvolvimento de habilidades individuais de pesquisa e apropriação conceitual, assim como de coletivas ao favorecer o trabalho em grupo e a tomada de consciência sobre os riscos e alternativas aos agrotóxicos, mais especificamente da Atrazina no contexto do plantio do milho.

Palavras - chave: Ensino de Química Analítica, Habilidades cognitivas, Atrazina.

ABSTRACT

In this qualitative and interpretive work, the potentialities of using the Problem-Solving Methodology (PSM) in the discipline of Quantitative and Instrumental Analytical Chemistry were analyzed, specifically for the teaching and learning of concepts related to sample extraction and pre-concentration techniques, as well as chromatographic analysis techniques, combined with the theme of pesticides and the guiding principle of the Science, Technology, and Society (STS) interface. The application took place over three semesters (2020-1, 2020-2, and 2021-1) during the period of Emergency Remote Teaching, due to the COVID-19 pandemic caused by SARS-CoV-2, with the participation of 46 students from the Environmental Engineering and Biotechnology courses. Data were collected through a questionnaire to assess students' perception of the PSM methodology. The researchers' field diary records and the students' problem-solving outputs (reports and videos) were also considered to identify the cognitive level mobilized in the investigative process. To that end, three problems were developed regarding the use of pesticides in agriculture and their consequences, including environmental contamination, food contamination, and associated health risks. The pesticide selected for the three problems was Atrazine, due to its widespread use and also because it is one of the regulated pesticides in the current legislation. In this context, the problems posed the following question to the students, assuming they were technicians in a laboratory team, aiming to solve the following situation: For Problem I, how would they analyze Atrazine in a surface water sample, indicating the extraction/pre-concentration technique and chromatographic analysis technique that should allow for the identification and quantification of the analyte. For Problems II and III, the students would have the same questions, with only the matrix of study changing, which would be soil for Problem II and corn for Problem III, respectively. The problems also requested research and reflection on the terms "pesticides," "agricultural pesticides," and "poisons," as well as alternatives to the monoculture model adopted in Brazil, emphasizing the advantages and disadvantages of this alternative model from environmental, economic, and socio-cultural perspectives. The results were organized into three thematic axes and indicate that the Problem-Based Learning (PBL) approach favored the teaching and learning process of concepts related to extraction and pre-concentration techniques of samples, chromatographic analysis techniques, as well as the topic of pesticides and the guiding principle of Science, Technology, and Society (STS). Additionally, the problem statements used encompassed the characteristics of an effective problem for the context of higher education in Analytical Chemistry, thus being considered of high level (P3), as the

students used the data obtained or requested in the statements to propose hypotheses, make inferences, evaluate conditions, and generalize solutions. The development of higher-order cognitive skills was evidenced in this research, as the resolutions presented by the students required the mobilization of intermediate (N3) and higher (N4 and N5) cognitive levels, as observed in their critical reflection abilities involving hypothesis formulation, inference, and evaluation of general conditions to make decisions regarding the choice of sample extraction and pre-concentration techniques, as well as chromatographic analysis techniques. Furthermore, the PR activity can contribute to the development of individual research skills and conceptual appropriation, as well as collective skills by promoting group work and raising awareness about the risks and alternatives to pesticides, specifically Atrazine in the context of corn cultivation.

Keywords: Analytical Chemistry Teaching, Cognitive Abilities, Atrazine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de artigos selecionados para avaliação e ano de sua publicação.....	12
Figura 2: Nacionalidade dos autores principais dos artigos científicos avaliados.....	14
Figura 3: Nacionalidade dos autores dos artigos científicos analisados por países.....	14
Figura 4: Relação de palavras-chave utilizadas nos artigos analisados no presente estudo durante o período de 2005-2022.....	18
Figura 5: Instrumento de análise das etapas investigativas	31
Figura 6: Tipos de problemas	34
Figura 7: Características de um problema eficaz.....	36
Figura 8: Número de registros de produtos comerciais de agrotóxicos no Brasil nos últimos anos.....	40
Figura 9: Classificação do grau de toxicidade dos agrotóxicos.....	43
Figura 10: Lista de ingredientes ativos mais consumidos no Brasil.....	44
Figura 11: Toneladas de atrazina vendidas no Brasil por estados no ano de 2014.....	47
Figura 12: Estrutura química da atrazina.....	48
Figura 13: Propriedades físico-químicas do herbicida atrazina.....	48
Figura 14: Limite máximo de Resíduos (LMRs) do herbicida atrazina para diferentes culturas.	49
Figura 15: Características de um problema eficaz apontadas no Problema I.	54
Figura 16: Esquema de sequência didática empregadas nas aulas teóricas e práticas da QUI01039.....	57
Figura 17: Faixa etária dos estudantes na disciplina.....	64
Figura 18: Quantidade de alunos por curso.	65
Figura 19: Semestre letivo do curso em que os estudantes estavam no momento de aplicação da atividade.....	66
Figura 20: Escores dos estudantes para cada afirmação do questionário de avaliação do método RP.	68
Figura 21: Escores dos estudantes para cada afirmação do questionário de avaliação sobre Agrotóxicos.....	72
Figura 22: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Problema”.....	103
Figura 23: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Hipóteses”	103
Figura 24: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao “Domínio Planejamento para investigação/ Confronto de hipóteses”	104

Figura 25: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Percepção de evidências”.....	104
Figura 26: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Registro e análise de dados”	105
Figura 27: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico”	105
Figura 28: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Comunicação dos resultados”	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de artigos analisados na revisão por revistas.....	13
Tabela 2: Artigos analisados na presente revisão classificados por propostas didáticas e nível de ensino.	15
Tabela 3: Quantidade de alunos repetentes na disciplina durante os semestres avaliados.	66
Tabela 4: Metodologia de Resolução de Problemas vivenciada pelos alunos em outras disciplinas.	67
Tabela 5: Respostas dos estudantes para a questão aberta sobre a Metodologia de RP.	70
Tabela 6: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1, referente a matriz água superficial, do Problema I.	75
Tabela 7: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de águas superficial que contém atrazina.	78
Tabela 8: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de águas superficiais que contém atrazina.	79
Tabela 9: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema I, grupo 1 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.	80
Tabela 10: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1, referente à matriz solo do Problema II.	85
Tabela 11: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de solo que contém atrazina.	88
Tabela 12: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de solo que contém atrazina.	89
Tabela 13: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema II, grupo 2 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.	90
Tabela 14: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020/1, 2020/2 e 2021/1, referente a matriz milho, no Problema III.	94
Tabela 15: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de milho que contém atrazina.....	96
Tabela 16: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de milho que contém atrazina.....	96

Tabela 17: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema III, grupo 3 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.....	97
Tabela 18: Análise das habilidades cognitivas das Resoluções de todos os Problemas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ATD: Análise Textual Discursiva

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CSTA: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

CT: Ciência e Tecnologia

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

DACT: Diaminoclorotriazina

DCQ: Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química

DEA: Deetil-Atrazina

DIA: Deisopropil-Atrazina

DL₅₀: Dose Letal

DLLME: Microextração líquido-líquido dispersiva

DMSPE: Extração dispersiva em fase micro- sólida

ERE: Ensino Remoto Emergencial

EUA: Estados Unidos

IBAMA: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

ICP-MS: Espectrometria de Massas com Fonte de Plasma

FGCIA: Fórum Gaúcho de Combate aos Impactos dos Agrotóxicos

GC: Cromatografia Gasosa

GC-ECD: Cromatografia a Gás com Detector de Captura de Elétrons

GC-NPD: Cromatografia a Gás com Detector de Nitrogenio-Fósforo

GC-MS: Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas

HF-LPME: Microextração em fase líquida com fibra oca

HPLC: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

HPLC-DAD: Cromatografia a Líquido com Detector de Arranjo de Fotodiodos

HPLC-MS: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas

HOCS: High Order Cognitive Skills

LLE: Extração Líquido-Líquido

LMRs: Limites Máximo de Resíduos

LNH: Linfoma de não Hodgkin

LOCS: Low Order Cognitive Skills

LPME: Microextração em fase líquida

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MEPS: Microextração por sorvente embalado

MS: Mato Grosso do Sul

MSPE: Extração magnético sólido-fase

MT: Mato Grosso

OIT: Organização Internacional do Trabalho

PBL: Problem Based Learning

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

PR: Paraná

QUI01039: Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A

QUI01161: Química Geral Experimental B

QUI01049: Química Geral Teórica B

QUI03309: Físico- Química I -B

QUI02009: Introdução à Química Orgânica e Espectroscopia para Engenharia Ambiental

RP: Resolução de Problemas

RS: Rio Grande do Sul

SBSE: Extração sortiva em barra de agitação

SNCR: Sistema Nacional de Crédito Rural

SP: São Paulo

SPE: Extração em Fase Sólida

SPME: Microextração em Fase Sólida

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TICs: Tecnologia da Informação e Comunicação

UEPS: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

USP: Universidade de São Paulo

VMP: Valores Máximos Permitidos

μ SPE: Extração em fase micro-sólida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA.....	7
2.1	REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ENSINO EM QUÍMICA ANALÍTICA	7
2.1.1	Panorama dos artigos analisados sobre Ensino de Química Analítica.....	8
2.1.2	As propostas didáticas.....	15
2.1.3	Áreas, conteúdos e contextos da Química Analítica.....	19
2.1.4	Principais resultados	20
2.2	ORIGEM DA EDUCAÇÃO CTS	21
2.2.1	Contribuição da educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).....	22
2.2.2	Contexto brasileiro e principais educadores da CTS	24
2.3	A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	26
2.3.1	Classificações dos Problemas	31
2.4	POR QUE A TEMÁTICA AGROTÓXICOS?	37
2.4.1	Definição.....	41
2.4.2	Classificação	42
2.4.3	Atrazina.....	46
3	METODOLOGIA	51
3.1	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA	51
3.2	DETALHAMENTO DOS SUJEITOS E DA DISCIPLINA.....	51
3.3	LEVANTAMENTO DOS DADOS PARA ANÁLISE INTERPRETATIVA	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	PERFIL DOS ESTUDANTES	63
4.2	POTENCIALIDADES DA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM A TEMÁTICA AGROTÓXICOS E O ENFOQUE CTS.....	68
4.3	RESOLUÇÕES E HABILIDADES COGNITIVAS DESENVOLVIDAS COM A RP	74

4.3.1	Problema I.....	74
4.3.2	Problema II.....	85
4.3.3	Problema III	94
4.3.4	Avaliação geral dos grupos por nível cognitivo.....	101
5	CONCLUSÃO	108
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
7	APÊNDICES	120
7.1	APÊNDICE I - PROBLEMAS	120
7.1.1	Problema I.....	120
7.1.2	Problema II.....	121
7.1.3	Problema III	123
7.2	APÊNDICE II.....	124
7.3	APÊNDICE III.....	129
7.3.1	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	129
8	ANEXOS.....	131
8.1	ANEXO I – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA.....	131

1 INTRODUÇÃO

No passado, o acúmulo de conhecimento era de fundamental importância para um rendimento adequado nas disciplinas de ensino superior, dentre elas as da área de Química Analítica (Qualitativa, Quantitativa) (LYKKEN, 1951). Nesse contexto, historicamente a Química Analítica sofreu alterações significativas em sua abordagem no ensino superior em sala de aula, nos livros didáticos e nas práticas de laboratório uma vez que a análise quantitativa e qualitativa clássica foram aos poucos diminuindo sua presença nos currículos e incorporando diferentes técnicas instrumentais de análise aos mesmos (LAITINEN, 1970).

Passadas algumas décadas, no ano de 2001, Van Bramer Scott (2001) no simpósio sobre *Teaching of Chemistry in the New Century*, ressaltou que existia um forte consenso de que os alunos não precisavam aprender sobre todas as técnicas analíticas. Em vez disso, eles seriam melhor formados se o currículo fosse direcionado para trabalhar algumas com mais profundidade e colocar as técnicas analíticas em contexto. Na mesma linha, recentemente, Wenzel *et al.*, (2022a) indicam que se deve projetar disciplinas de Química Analítica que forneçam conhecimento sólido em áreas selecionadas ao mesmo tempo em que permitam o desenvolvimento de habilidades que os alunos precisam para serem bem-sucedidos na área e em sua atuação profissional futura. Ainda, segundo Valcárcel *et al.*, (2013), a Química Analítica é a chave para o funcionamento de uma sociedade moderna.

Assim, desde o início deste século, os conteúdos das disciplinas de Química Analítica em diferentes países do mundo são considerados pelas instituições de Ensino Superior como um conjunto essencial e obrigatório para a formação de químicos e, também, de áreas afins (ALVIM; ANDRADE, 2006; SCHAUMLOFFEL; DONAIS, 2001). Adicionalmente, segundo Danzer (2007), o fato da Química analítica ser a ciência da medição química confere aos exercícios de laboratório um papel de destaque para garantir um ensino de alto nível. No aspecto da importância, esse autor destaca que além das habilidades da disciplina é essencial desenvolver competências em gestão de negócios e aptidão em trabalho em equipe (SALZER, 2008). Por sua vez, Valcárcel *et al.*, (2013) reforçam a relevância de trabalhar questões éticas, uma vez que a ética nas medições tem sido uma preocupação perene, especialmente porque passamos a confiar mais na aplicação da ciência analítica em muitos aspectos de nossas vidas.

Por sua vez, Schaumloffel e Donais (2001) defendem que a abordagem de disciplinas de Química Analítica em cursos para não graduados em química, deve considerar como esses alunos podem usar conhecimentos da Química Analítica em suas futuras áreas de atuação.

Nessa perspectiva o contato com a área de Química Analítica permitirá aos estudantes ter a capacidade de entender os problemas que os analistas podem encontrar no seu cotidiano, ou ainda, habilitar os estudantes a questionar a validade de dados em âmbito científico ou no controle de qualidade de processos e produtos usados na tomada de decisão. Assim, os autores concluem que cabe aos docentes da área de Química Analítica educar esse público amplo, preparando-o para situações problemas que encontrarão em sua prática profissional futura.

O currículo de Química Analítica deve, portanto, priorizar a conexão de diferentes conteúdos a situações do mundo real com as quais os alunos possam se relacionar. Tais abordagens, seja em atividades de sala de aula ou de laboratório, podem permitir que os alunos desenvolvam habilidades de pensamento crítico, mostrem os impactos sociais mais amplos da disciplina, desenvolvam consciência social e incorporem diversas perspectivas de aprendizagem (DESTINO *et al.*, 2022).

Assim, a busca por novos métodos de ensino e aprendizagem, em vez de abordagens passivas e convencionais são possibilidades atrativas para atingir os objetivos de uma educação contextualizada, em que inúmeras habilidades e competências podem ser trabalhadas. Os métodos ativos de ensino e aprendizagem têm sido aplicados com êxito tanto nas salas de aula quanto em práticas de laboratório, para fornecer um ambiente motivador aos alunos fomentando seu envolvimento mediante um aprendizado ativo (RODRIGUES, 2020).

Um dos métodos ativos de ensino e aprendizagem que é fortemente defendido na literatura, para o ensino de Química, é a Resolução de Problemas (RP) (DOMIN; BODNER, 2012; FERNANDES; CAMPOS, 2017; LIMA; ARENAS; PASSOS, 2018). A RP é uma metodologia ativa de aprendizagem variante do método *Problem Based Learning* (PBL). As vantagens da RP em relação ao método tradicional de ensino estão no favorecimento do processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos científico (POZO; CRESPO, 1998) a partir de temáticas que podem estar relacionadas às futuras situações profissionais, assim como o desenvolvimento de habilidades de ordem superior de ensino, como argumentação e trabalho colaborativo (SUART; MARCONDES, 2009). A metodologia de RP ainda instiga a busca de dados bibliográficos para resolver as questões propostas, o uso de recursos multimídia (vídeos, simuladores, slides e etc...) para as apresentações, vivências em espaços de educação formal e não formal, além de aulas práticas participativas, fundamentadas teoricamente e que visam a construção coletiva e contextualizada do conhecimento (LIMA *et al.*, 2018). Settle (2007)

ênfatisa que a aprendizagem baseada em problemas é um componente importante tanto em aulas teóricas, como práticas nas disciplinas de Química Analítica.

Uma das temáticas que pode ser utilizada para elaboração das situações-problema e para contextualização do ensino, é a problemática dos Agrotóxicos (RIBEIRO *et al.*, 2018; ZIDNY *et al.*, 2021; ZOWADA *et al.*, 2020). Conforme apontamentos da literatura, estudos acerca da temática agrotóxicos com o uso da RP têm se mostrado uma potente estratégia didática, pois favorece o processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos, a tomada de consciência sobre os agrotóxicos e o desenvolvimento de habilidades necessárias para os profissionais da área da Química e afins (RIBEIRO *et al.*, 2018).

A relevância dos agrotóxicos enquanto problema mundial e de saúde pública vem crescendo em paralelo a ampliação do seu uso e dos impactos que estão ocasionando. O Brasil, desde 2008, destaca-se como o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, e o estado do Rio Grande do Sul, é o terceiro estado com maior aplicabilidade de tais insumos em seus cultivos, quando comparado com outros estados brasileiros (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Diante disso, é possível considerar que a maior parte da população está exposta de alguma forma aos malefícios como problemas neurológicos, dificuldades respiratórias, irritações na pele e até mesmo câncer (ZOWADA *et al.*, 2020). A identificação e quantificação destas substâncias torna-se possível através de métodos analíticos instrumentais, especificamente das técnicas cromatográficas de análise, as quais permitem identificar os agrotóxicos e/ou quantificar os mesmos em diferentes matrizes/amostras. Essas análises são essenciais para verificar se os Limites Máximo de Resíduos (LMRs) de agrotóxicos, contidos nos alimentos estão em conformidade com as normas e legislação vigentes.

Como destacado anteriormente, as questões sobre meio ambiente e saúde cada vez mais vêm sendo estudadas, principalmente a partir da Revolução Industrial, no qual inúmeras mudanças ocorreram nos séculos XVIII e XIX na Europa. Na medida em que a Revolução beneficiou economicamente vários países, gerou como uma das consequências as catástrofes ambientais. Afim, de discutir sobre conhecimento científico em uma perspectiva social, é que a abordagem sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) passou a crescer mundialmente como princípio norteador para a Educação em Ciências (MOREIRA *et al.*, 2017).

O CTS surgiu enquanto movimento em torno de 1970, trouxe como um de seus fundamentos a ideia de cada cidadão conhecer as obrigações e direitos de cada um, a partir disso criando uma visão mais crítica da sociedade. O movimento não possui sua origem no

contexto educacional, no entanto, só cresce o número de reflexões nesta área, pois as instituições de ensino como a escola é o espaço ideal para que as mudanças possam ocorrer (AULER; BAZZO, 2001). Portanto, a abordagem CTS quando inserida na educação de ciências tem como fim promover o conhecimento científico e tecnológico, que irá servir de auxílio para os alunos no desenvolvimento de suas habilidades e tomada de decisões que envolvam os assuntos científicos tecnológicos da sociedade (MOREIRA et al., 2017).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar as potencialidades do uso da RP na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A, no ensino superior, mais especificamente para o ensino e aprendizagem de conceitos sobre técnicas de extração e pré-concentração de amostras e técnicas cromatográficas de análise, aliada à temática agrotóxicos e ao princípio norteador CTS. Como objetivos específicos, busca-se investigar se os enunciados dos problemas elaborados contemplam as características de um problema eficaz para o contexto do ensino superior de Química Analítica; Identificar a percepção dos estudantes em relação ao uso da RP na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A; Verificar se as alterações na implementação da sequência didática realizada ao longo dos três semestres favoreceu o desenvolvimento de habilidades de ordem superior e como impactou na qualidade das produções dos estudantes.

Para tanto, a aplicação dos problemas foi realizada ao longo de três semestres (2020-1, 2020-2 e 2021-1) no período de Ensino Remoto Emergencial devido a pandemia do COVID-19 causada pelo SARS-CoV-2, contemplando 46 estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Biotecnologia que cursaram a disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A, no Instituto de Química, do Departamento de Química Inorgânica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Além desta seção introdutória, esta dissertação contempla uma revisão sistemática sobre o Ensino em Química Analítica e o referencial teórico que fundamenta a pesquisa na seção 2. Na seção 3 é apresentada a metodologia da pesquisa, na seção 4 os resultados e a discussão frente ao que foi apresentado. Na seção 5 tem-se a conclusão do trabalho e perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA

Para elaboração da fundamentação teórica foi realizada inicialmente uma revisão sistemática da literatura sobre o Ensino de Química Analítica, para identificar as propostas didáticas postas em prática e pesquisadas nos últimos 17 anos, assim como suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem em âmbito do ensino superior. Na sequência serão apresentados os pressupostos teóricos sobre o enfoque CTS, a metodologia de RP e sobre os Agrotóxicos.

2.1 REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE ENSINO EM QUÍMICA ANALÍTICA

A revisão descrita nesta dissertação visa realizar um mapeamento das pesquisas desenvolvidas sobre o Ensino de Química Analítica. Para tal, foi realizada uma pesquisa de natureza qualitativa, no formato de revisão sistemática de literatura guiada por três abordagens: (i) Propostas didáticas; (ii) Áreas, conteúdos e contextos; e (iii) Principais resultados. As abordagens estavam relacionadas às questões de pesquisa e foram escolhidas no intuito de fornecer uma visão geral sobre as diferentes proposições didáticas relatadas na literatura sobre o Ensino de Química Analítica. Dessa forma, é possível verificar tendências e prever sugestões de melhorias para o futuro das disciplinas na área no âmbito do ensino superior de Química.

Perguntas de foco

As três abordagens da revisão e suas respectivas questões de pesquisa são as seguintes:

- I. Propostas didáticas: Quais são as principais propostas didáticas relatadas nos artigos sobre o ensino de química analítica e em qual nível de ensino estas foram desenvolvidas?
- II. Áreas, conteúdos e contexto: Quais as áreas da Química Analítica, temáticas e conteúdos são abordados nas pesquisas da área?
- III. Principais resultados: Quais as formas de contribuição para o processo de ensino e aprendizagem alcançadas com as propostas didáticas analisadas?

Amostragem

Na obtenção dos artigos, utilizou-se o método da pesquisa sistemática descrito por Wei *et al.*, (2019), que foi usado como guia. Inicialmente, foram selecionadas duas bases de dados para a pesquisa: *Scopus*, que é uma das bases de periódicos científicos mais utilizadas por pesquisadores da área da Química e *Web of Science*, que é uma base de dados utilizada para

localizar pesquisas na área multidisciplinar. Após esse estudo nas bases de dados, foram definidas as seguintes limitações:

- I. Delimitação temporal: Artigos publicados nos últimos 17 anos (janeiro de 2005 a dezembro de 2022). Um dos objetivos da revisão sistemática é diagnosticar a produção acadêmica ao longo desse período. A delimitação temporal de 17 anos justifica-se pelo fato da profundidade de análise das publicações avaliadas e opção de caracterizar produções recentes, mas ao mesmo tempo identificar temporalmente as tendências do ensino de Química Analítica. Também, em 2001 foram instituídas as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química (DCQ) no Brasil, que foram implementadas até o ano de 2005 (BRASIL, 2001; 2002). Essas normativas geraram reformulações importantes nos currículos dos cursos de Química. Assim, essa revisão configura-se no contexto de propostas condizentes com os subsídios teóricos estabelecidos pela legislação vigente no período da pesquisa.
- II. Idioma das publicações: Inglês, espanhol e português;
- III. Palavras-chave: No Scopus e na Web of Science, as palavras-chave utilizadas foram “teaching”, “analytical” e “chemistry”, com a adição do operador booleano “AND”. Essas palavras foram definidas com base nas tentativas de direcionar e encontrar um número maior de artigos sobre o tema de acordo com a natureza científica das bases de dados.

Foi encontrado um total de 91 artigos nas bases de dados Scopus e Web of Science. Por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, foram selecionados 65 artigos. Após leitura desses artigos na íntegra, foram descartados 29 artigos, por não tratarem de ensino em Química Analítica ou não terem uma proposta didática no contexto, como os artigos de revisão de literatura. Assim, 36 artigos foram selecionados e lidos na integralidade, para análise realizada a partir das três questões focais e para elaboração de um panorama geral sobre ano de publicação, revistas e nacionalidade dos pesquisadores. Para análise dos dados obtidos, foram utilizadas as ferramentas de software VOSviewer e biblioshiny que tem como objetivo a construção e visualização de redes bibliométricas.

2.1.1 Panorama dos artigos analisados sobre Ensino de Química Analítica

No Quadro 1 constam os 36 artigos analisados nessa pesquisa. Estes foram identificados por códigos (artigo 1 até artigo 36).

Quadro 1: Referências e códigos dos artigos analisados.

Código dos artigos	Referência completa
Artigo 01	BAGÁN, H. et al. Active teaching strategies for introducing radioanalytical techniques in analytical chemistry master degree: 40K determination in Bananas. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry , v. 322, n. 3, p. 1905-1914, 2019.
Artigo 02	BALVERDI, C. V. et al. El modelo “clase invertida” en Química Analítica. Educación química , v. 31, n. 3, p. 15-26, 2020.
Artigo 03	BATTEN, H. A. Student-driven independent research projects: developing a framework for success in analytical chemistry. Analytical and bioanalytical chemistry , v. 404, n. 4, p. 927-931, 2012.
Artigo 04	BELT, S. T.; OVERTON, T. L. Context-based case studies in analytical chemistry. American Chemical Society , p. 87-99, 2007.
Artigo 05	BUCKLEY, P.; FAHRENKRUG, E. The Flint, Michigan water crisis as a case study to introduce concepts of equity and power into an analytical chemistry curriculum. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 5, p. 1327-1335, 2020.
Artigo 06	CALDERÓN-MENDOZA, G. L. et al. Teaching Procedural Skills in Atomic Absorption and Atomic Emission Spectrometry Using a Simulator Designed with Excel Spreadsheets to Upper-Division Undergraduate Students. Journal of Chemical Education , v. 99, n. 2, p. 1076-1080, 2021.
Artigo 07	CANDAS, Bahar; KIRYAK, Zeynep; ÖZMEN, Haluk. Developing Prospective Science Teachers' Using of Chemical Knowledge with Flipped Learning Approach in the Context of Environmental Problems. Science Education International . v. 33, n. 2, p. 192-202, 2022.
Artigo 08	CONTAKES, S. M. Misconduct at the lab? A performance task case study for teaching data analysis and critical thinking. Journal of Chemical Education . v. 93, n. 2, p. 314-317, 2016.
Artigo 09	DENARI, G. B.; SACIOTO, T. R.; CAVALHEIRO, É. T. G. Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em Química Analítica Qualitativa. Química Nova , v. 39, p. 371-375, 2016.

Artigo 10	DUEDAHL-OLESEN, L. et al. Case Study Teaching for Active Learning on Analytical Quality Assurance Concepts in Relation to Food Safety Exposure Assessment. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 12, p. 3776-3783, 2021.
Artigo 11	DUKES III, A. D. Teaching an instrumental analysis laboratory course with out instruments during the COVID-19 pandemic. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2967-2970, 2020.
Artigo 12	FITZGERALD, N.; LI, L. Using presentation software to flip na undergraduate analytical chemistry course. Journal of Chemical Education , v. 92, p. 1559-1563, 2015.
Artigo 13	GAO, R. Incorporating students' self-designed, research-based analytical chemistry projects into the instrumentation curriculum. Journal of Chemical Education , v. 92, n. 3, p. 444-449, 2015.
Artigo 14	HE, Y.; SWENSON, S.; LENTS, N. Online video tutorials increase learning of difficult concepts in an undergraduate analytical chemistry course. Journal of Chemical Education , v. 89, n. 9, p. 1128-1132, 2012.
Artigo 15	JOLLEY, D. F. et al. Analytical thinking, analytical action: Using prelab vídeo demonstrations and e-quizzes to improve undergraduate preparedness for analytical chemistry practical classes. Journal of Chemical Education , v. 93, n. 11, p. 1855-1862, 2016.
Artigo 16	JORDHEIM, L. P. et al. Interactive Web Application as a Teaching Tool to Introduce Basics of Chromatography and the Plate Theory. Journal of Chemical Education , v. 98, p. 2440-2443, 2021.
Artigo 17	LEITO, I.; HELM, I.; JALUKSE, L. Using MOOCs for teaching analytical chemistry: experienceat University of Tartu. Analytical and Bioanalytical Chemistry , v. 407, p. 1277-1281, 2015.
Artigo 18	MASANIA, J.; GROOTVELD, M.; WILSON, P. B. Teaching analytical chemistry to pharmacy students: A combined, iterative approach. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 1, p. 47-54, 2018.
Artigo 19	MIRANDA-CASTRO, R.; DE-LOS-SANTOS-ÁLVAREZ, N. Engaging in analytical chemistry in review classes: Contests based on TV shows as fun evaluable checkpoints. Analytical and Bioanalytical Chemistry , v. 412, p. 5891-5896, 2020.
Artigo 20	ORTIZ, M. C. Teaching chemometrics. Analytical and bioanalytical chemistry , v. 388 n. 8, p. 1557-1560, 2007.
Artigo 21	POSTIGO, J. P. et al. Uma proposta para o ensino de Laboratório de Química Analítica Qualitativa. Química Nova , v. 44, p. 502-511, 2021.

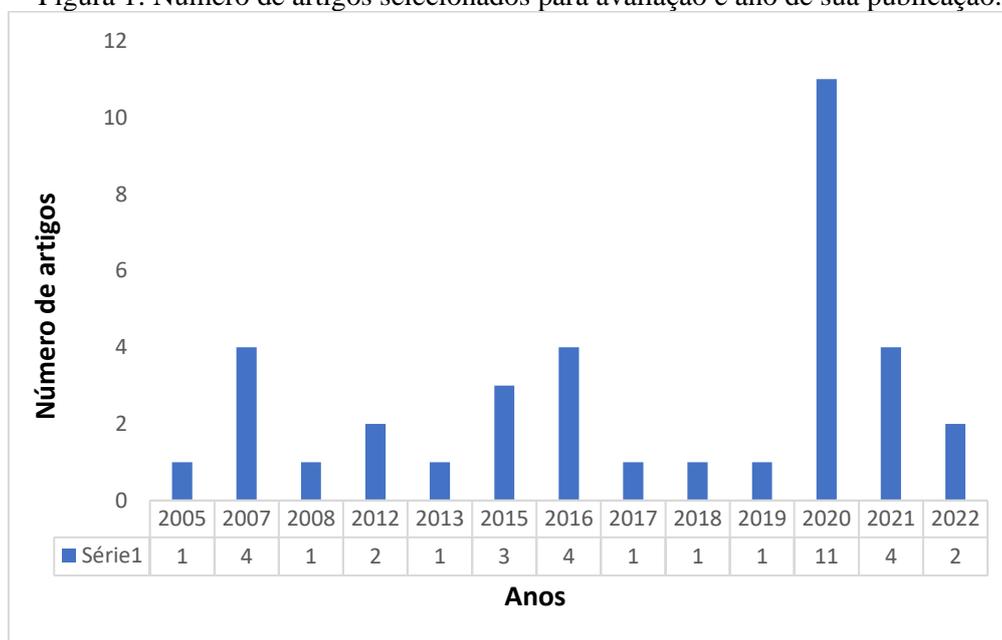
Artigo 22	RODRÍGUEZ SALAZAR, M. T. J. et al. PAPIME 210820: Formación y continuidad a distancia en período de emergencia sanitaria (SARS-CoV2, COVID-19). Educación Química , v. 31, n. 5, 159-161, 2020.
Artigo 23	RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E. et al. Analytical chemistry teaching adaptation in the COVID-19 period: Experiences and students' opinion. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2556-2564, 2020.
Artigo 24	SAMIDE, M.; AKINBO, O. Theme-based modular approach for delivering the undergraduate analytical chemistry curriculum. Analytical and bioanalytical chemistry , v. 392, n. 1, 1-8, 2008.
Artigo 25	SCARBOROUGH, David LA; HALL, Rod D.; VANDERKRUK, Kellie EN. Laboratory Research Projects in Undergraduate Environmental and Analytical Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 99, n. 4, p. 1672-1681, 2022.
Artigo 26	SCHWARZ, G. et al. Incorporating a Student-Centered Approach with Collaborative Learning into Methods in Quantitative Element Analysis. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 10, p. 3617-3623, 2020.
Artigo 27	SHAHMURADYAN, A.; DOUGHAN, S. Students as Investigators: Promoting Active Learning through a Case Study Assignment in a Lecture-Based Analytical Chemistry Course. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 12, p. 4088-4093, 2021.
Artigo 28	SHEN, H.-Y.; SHEN, B.; HARDACRE, C. Using a systematic approach to develop a chemistry course introducing students to instrumental analysis. Journal of Chemical Education , v. 90, n. 6, p. 726-730, 2013.
Artigo 29	SOUZA, T. G.; FERREIRA, R. Q. Considerações gerais sobre o uso do ambiente virtual de aprendizagem no ensino de Química Analítica. Revista Virtual de Química , v. 8 n. 3, p. 992-1003, 2016.
Artigo 30	TOH, C.-S. An Experiential Research-Focused Approach: Implementation in a Nonlaboratory-Based, Graduate-Level Analytical Chemistry Course. Journal of Chemical Education , v. 84, n. 4, p. 639, 2007.
Artigo 31	VALLE-SUÁREZ, R. M. et al. Teaching instrumental analytical chemistry in the framework of COVID-19: experiences and outlook. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2723-2726, 2020.
Artigo 32	VARGAS, R. J.; SALDAÑA, D. G.; LÓPEZ-DONADO, L. Investigación en Química Analítica aplicada a la Nutrición como una herramienta en docencia. Educación química , v. 28, n. 3, p. 127-130, 2017.

Artigo 33	VERSHININ, V. I. Content and methodological provision of the basic course of analytical chemistry. Journal of Analytical Chemistry , v. 60, n. 9, p. 880-891, 2005.
Artigo 34	VILLANUEVA, M. E. et al. Teaching instrumental analytical chemistry during COVID-19 times in a developing country: asynchronous versus synchronous communication. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2719-2722, 2020.
Artigo 35	WALCZAK, M. M.; JACKSON, P. T. Incorporating information literacy skills into analytical chemistry: An evolutionary step. Journal of Chemical Education , v. 84 n. 8, p. 1385, 2007.
Artigo 36	WENZEL, T. Collaborative group learning in remotely taught analytical chemistry courses. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2715-2718, 2020.

Fonte: Autora, 2023.

Os artigos avaliados foram categorizados, segundo a distribuição temporal, como pode ser observado na Figura 1. Pode-se constatar que em 2020 teve um pico de produção científica, com 11 publicações, mas, ao longo dos anos ocorreu uma oscilação constante da quantidade dos artigos.

Figura 1: Número de artigos selecionados para avaliação e ano de sua publicação.



Fonte: Autora, 2023.

No aspecto das publicações em revistas, de acordo com a Tabela 1, observa-se que os 36 artigos foram publicados em nove diferentes periódicos, destacando-se o *Journal of Chemical Education* com 21 artigos. Compreende-se que essa maior quantidade de produção científica no *Journal of Chemical Education* seja oriunda do escopo do referido periódico

voltado às pesquisas sobre Ensino de Química, conforme identificado em outros trabalhos de revisão (BERNARDI; PAZINATO, 2022). Além disso, tem-se o periódico *Analytical and Bioanalytical Chemistry* com cinco artigos, que apresenta um fator de impacto de 4.478, e contempla um escopo de estudos na área de Química Analítica e Bioanalítica, assim como em Ensino de Química, sendo essas duas áreas nas quais a presente revisão se concentra.

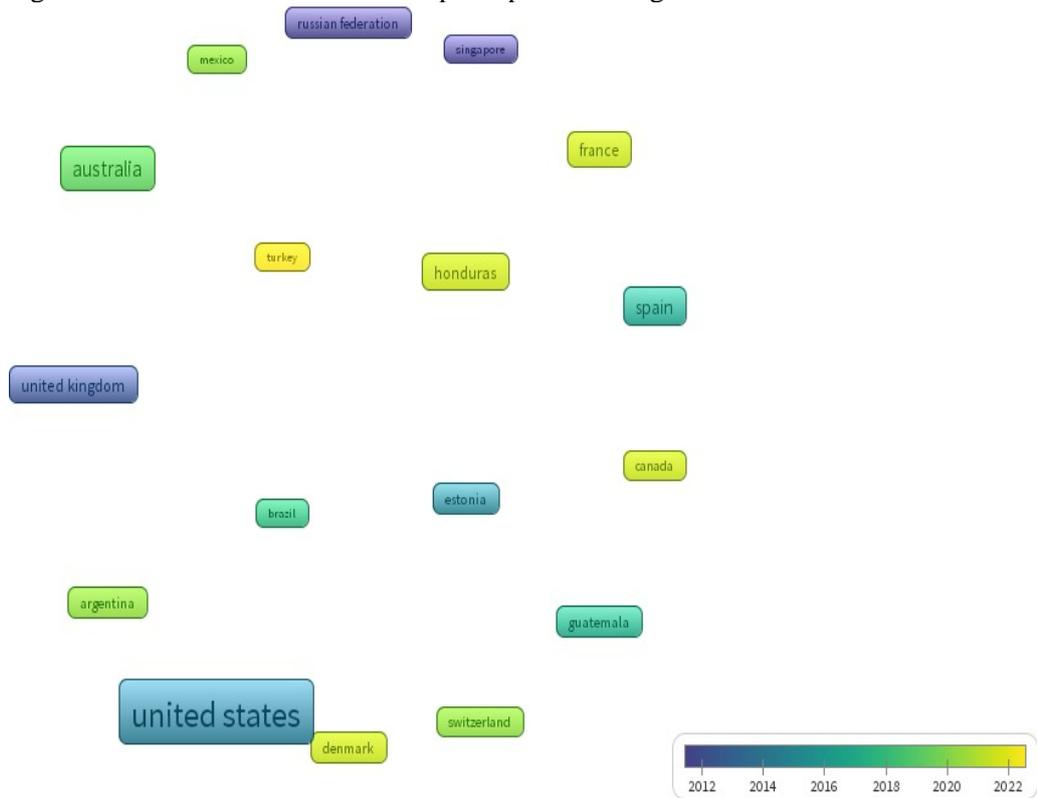
Tabela 1: Quantidade de artigos analisados na revisão por revistas.

Revistas	Quantidades de artigos publicados
<i>American Chemical Society</i>	1
<i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i>	5
<i>Educación Química</i>	3
<i>Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry</i>	1
<i>Journal of Analytical Chemistry</i>	1
<i>Journal of Chemical Education</i>	21
Química Nova	2
Revista Virtual de Química	1
<i>Science Education International</i>	1

Fonte: Autora, 2023.

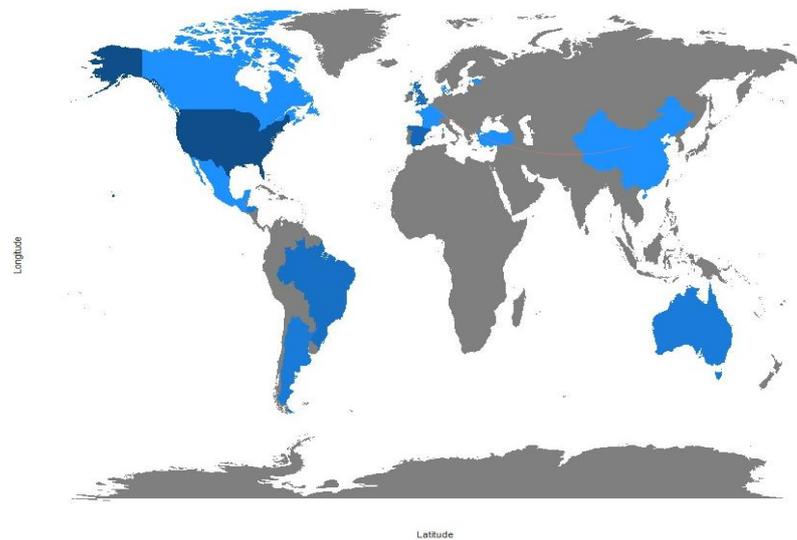
Em relação a nacionalidade dos autores destes artigos científicos sobre propostas didáticas no Ensino em Química Analítica, segundo as Figuras 2 e 3, nota-se que os diferentes estudos foram desenvolvidos em 17 países diferentes, com destaque para os Estados Unidos (EUA), Espanha, Brasil e Reino Unido respectivamente com 10, 4 e 3 publicações científicas. Na sequência têm-se os demais países dos continentes europeu, asiático e americano com 2 e 1 artigos. Ressalta-se que nos EUA desde a década de 70 há estudos que apontam a relevância da disciplina de Química Analítica e a busca por excelência no ensino e pesquisas na área (LAITINEN, 1970). O investimento em pesquisas sobre a disciplina e metodologias de ensino fomentam um elevado nível de preparação dos estudantes americanos (SALZER, 2008).

Figura 2: Nacionalidade dos autores principais dos artigos científicos avaliados.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 3: Nacionalidade dos autores dos artigos científicos analisados por países.
Country Collaboration Map



Legenda: quanto mais intenso a cor azul, maior o número de artigos publicados por país.

Fonte: Autora, 2023.

2.1.2 As propostas didáticas

As propostas didáticas relatadas nos artigos foram organizadas em 19 categorias, sendo indicadas na Tabela 2, relacionando a quantidade de artigos com o nível de ensino em que foram implementadas.

Tabela 2: Artigos analisados na presente revisão classificados por propostas didáticas e nível de ensino.

Propostas didáticas	Quantidade de artigos	Nível de ensino	Código dos artigos analisados*
Aprendizagem ativa	1	Graduação	03
Aprendizagem baseada em Web	2	Graduação	11, 16
Aprendizagem colaborativa	6	Graduação e Pós graduação	23, 26, 28, 30, 32, 36
Sala de aula invertida	2	Graduação	02, 07
Jogos didáticos	1	Graduação	19
Tecnologia da Informação e Comunicação	3	Graduação	09, 29, 31
Biblioteca científica	1	Graduação	35
Estudo de caso	8	Graduação	01, 04, 05, 08, 10, 24, 27, 34
Experimentação	1	Graduação	20
Investigação orientada	2	Graduação	22, 25
Livros	1	Graduação	33

Marcha analítica tradicional	1	Graduação	21
Metodologia MOOCs	1	Graduação	17
Palestras	1	Graduação	18
Planilhas Excel	1	Graduação	06
Plataforma Prezi	1	Graduação	12
Resolução de Problemas	1	Graduação	13
Vídeos online	2	Graduação	14, 15

*As referências dos artigos analisados e códigos atribuídos constam no Quadro 1. Os artigos com metodologia mista ou associadas foram contabilizados, considerando a metodologia de maior destaque no artigo.

Fonte: Autora, 2023.

Uma proposta didática que se destacou foi o Estudo de Caso, identificado em 8 artigos. Outros 6 estudos são sobre a Aprendizagem colaborativa, seguidos de 3 com o uso de Tecnologia da Informação e Comunicação, e 2 que relatam o uso da Aprendizagem baseada em Web, Vídeos online, Sala de aula invertida e Investigação orientada. Majoritariamente as pesquisas foram realizadas em disciplinas da graduação de cursos de Química ou áreas correlatas.

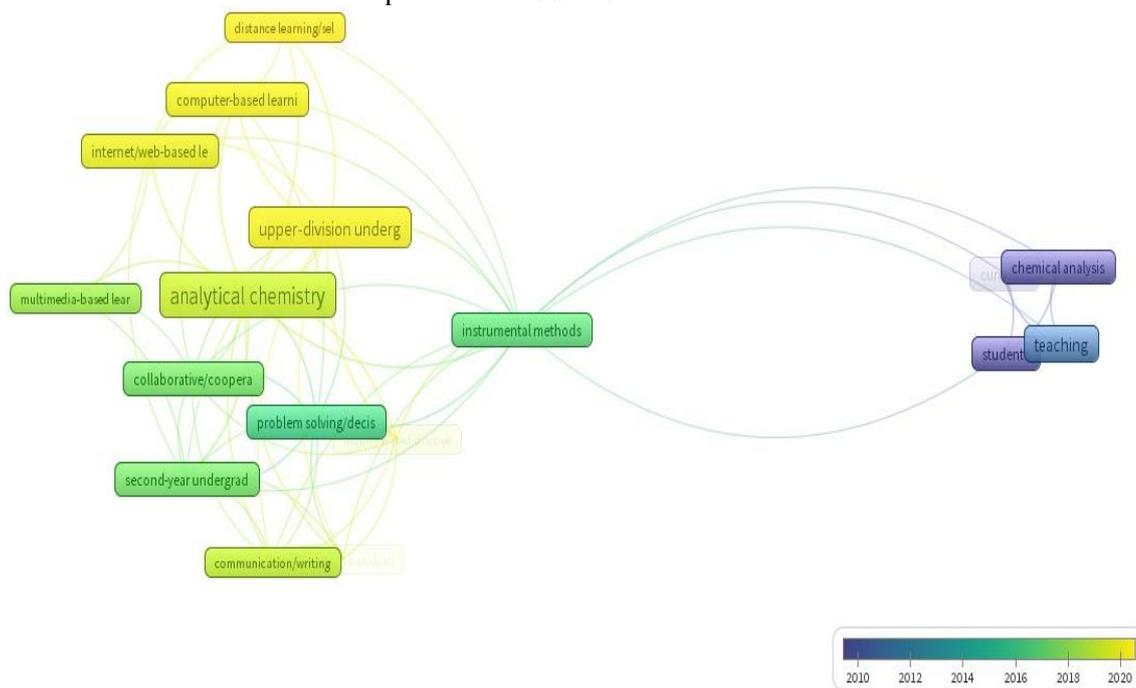
De acordo com os artigos relatados sobre estudo de caso, essa metodologia de ensino e aprendizagem têm demonstrado proporcionar aos alunos uma maior capacidade de resolução de problemas, de pensamento crítico, auto eficácia e inovação. Dessa forma, os alunos tendem a ressignificar o conhecimento químico pela compreensão dos assuntos abordados através da contextualização da Química Analítica dentro da estrutura social e real que a mesma está inserida (Artigo 05).

Na proposta didática de aprendizagem colaborativa, que é uma metodologia recente, os alunos trabalham em grupos com o objetivo comum de serem os responsáveis pelo aprendizado uns dos outros, garantindo que estes aprendam um assunto a partir de uma perspectiva de pesquisa. No artigo 30, por exemplo, os assuntos dispostos a eles foram a preparação de

amostras, microscopia de sondagem de varredura, eletroforese capilar e técnicas avançadas de espectrometria de massas e acoplada a cromatografia. Aliado com apresentação de artigos, visita ao laboratório para observarem os instrumentos analíticos, além de discussão e participação em sala de aula. Assim, através de registros de pensamentos e apresentações em grupo com temas de Química Analítica eles conseguiram simular um ambiente de aprendizagem focado.

Destaca-se também que em sete artigos foram utilizadas metodologias mistas, ou seja, mais de uma metodologia associada ou diversificação dos recursos didáticos. O artigo 35 articulou a biblioteca científica e tecnologia da informação, o artigo 03 a aprendizagem ativa e métodos baseados em problemas, o artigo 02 e 27 aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem colaborativa, o artigo 01 estudo de caso e sala de aula invertida, os artigos 28 e 35 estudo de caso e aprendizagem colaborativa. Estes com o enfoque para o ensino de Química Analítica na graduação. Nesse intuito a inovação do âmbito educacional passa por uma série de processos e decisões que impulsionaram o ensino e aprendizagem conforme cada contexto educativo, visando introduzir modelos didáticos que favoreçam a interação entre o corpo docente e discente, sendo no cenário atual o uso de metodologias mistas uma alternativa em expansão nas pesquisas sobre as metodologias de ensino e aprendizagem (CAMARGO, 2018). Essa tendência pode ser visualizada na Figura 4, que nos mostra as palavra-chave dos artigos por ano, demonstrando assim, um uso dos últimos anos dos recursos tecnológicos e da associação de metodologias de ensino e aprendizagem.

Figura 4: Relação de palavras-chave utilizadas nos artigos analisados no presente estudo durante o período de 2005-2022.



Fonte: Autora, 2023.

Também cabe destacar que Kovarik *et al.*, (2022) desenvolveram uma pesquisa diagnóstica junto a docentes da área de Química Analítica, em sua maioria oriundos dos EUA. Nesse trabalho os autores indicam que mais de 80% dos docentes relataram o uso de pelo menos uma estratégia de aprendizagem ativa baseada em evidências. De acordo com os autores, as respostas dos 117 docentes pesquisados forneceram um breve diagnóstico dos esforços atuais para promover a diversidade, a equidade e a inclusão (KOVARIK *et al.*, 2022). Assim, pode-se observar, alinhados com nossos resultados, uma tendência crescente na busca por propostas didáticas mais motivadoras para estudantes e professores.

É importante salientar que de acordo com Wenzel *et al.*, (2022a) a necessidade de atividades alternativas às aulas expositivas e a falta de conhecimento de como efetivamente favorecê-las têm sido barreiras para a implementação da aprendizagem ativa em muitas áreas do conhecimento. Segundo os autores, na Química Analítica, por mais de 20 anos, tem havido um esforço sustentado para remover essas barreiras e de se superar a necessidade de apresentar todos os possíveis tópicos e conteúdos nas aulas de Química Analítica, visto que a evolução da ciência da medição é veloz, como nos casos dos métodos aplicados em bionalítica e nanociências. Muitas experiências exitosas são apresentadas pelos autores no livro intitulado *Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum* (WENZEL *et al.*, 2022b).

2.1.3 Áreas, conteúdos e contextos da Química Analítica

Dos 36 artigos analisados, 23 abordam sobre Química Analítica clássica (Química Analítica Quantitativa), mais especificamente sobre preparo de soluções, pH, titulação, métodos de calibração, tratamento estatístico de dados (Teste T, etc.), equilíbrio químico, (Artigos 01, 04, 05, 08, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 30, 32, 33 e 36) e as temáticas mais recorrentes são problemáticas relacionadas com fármacos e/ou agrotóxicos respectivamente (Artigos 04 e 27).

Nesta divisão, temos também a Química Analítica Qualitativa (Artigos 09 e 21) que trata sobre a análise sistemática de mistura de cátions e ânions. É importante mencionar que esta disciplina é alvo de constantes controvérsias no Brasil, visto que muitos a consideram ultrapassada e sem utilidade, tanto que muitos cursos de graduação de diferentes instituições de ensino superior aproveitaram o período de reformulação curricular orientado pelas DCQ (BRASIL 2001; 2002), que previa a flexibilização curricular, para reduzir ou até mesmo removê-la da grade curricular. Entretanto, existem universidades brasileiras, como a Universidade de São Paulo (USP), que defendem a Química Analítica Qualitativa para a formação do profissional de química com uma função pedagógica, no intuito de estimular o aluno a raciocinar e pensar de forma criativa (Artigo 21). Nesse sentido, outros pesquisadores como Senise (1993), citam a ideia que existem distinções dos termos de Química analítica e análise química, porém não pode-se subestimar os seus valores como ciência.

Em relação à Química Analítica Instrumental, 11 artigos relatam sobre técnicas cromatográficas (ARTIGOS 02, 03, 06, 07, 11, 24, 26, 28, 31, 34 e 35). Observa-se que em sua totalidade os conteúdos propostos não foram relacionados às temáticas para contextualização das técnicas descritas. Dentre as técnicas abordadas nesses artigos destacam-se a Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS), Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas (HPLC-MS), Espectrometria de Massas com Fonte de Plasma (ICP-MS) (Artigo 28), além de técnicas como a de absorção atômica de chama, emissão óptica de plasma indutivamente acoplado e a fluorescência de raios-X (Artigo 26).

Pode ser interessante traçar um paralelo com o trabalho de Kovarik *et al.*, (2022), no qual relata os resultados de uma pesquisa curricular com 322 docentes de Química Analítica (92% deles nos EUA) no ano de 2021. Dentre os resultados apresentados pelos autores, os tópicos avaliados como sendo mais importantes foram: a padronização e os métodos de calibração, seguidos por espectroscopia de absorção UV-vis, tratamento de dados, HPLC, GC,

análise estatística, teoria cromatográfica geral, fontes e tipos de erro, espectrometria de massa e teoria ácido-base/equilíbrios/tampões. Em geral, os tópicos considerados importantes pelos docentes eram ministrados em disciplinas obrigatórias teóricas e abordados em prática de laboratórios. Os docentes pesquisados relataram que o maior desafio para o ensino, está associado à obtenção e manutenção de instrumentação que atenda às inovações científicas e aplicações na carreira dos profissionais da Química (KOVARIK *et al.*, 2022).

2.1.4 Principais resultados

O último foco desta revisão esteve associado à ênfase das principais contribuições para o ensino e aprendizagem. Com base nos artigos avaliados, observou-se que o uso das propostas didáticas contribuiu para o aprendizado dos discentes no intuito da otimização de procedimentos de medição, coleta de dados químicos e avaliação da qualidade de uma determinação analítica (Artigo 20). Em relação ao uso de recursos tecnológicos (TICs), o Artigo 29, descreve uma melhor comunicação aluno/professor e uma compreensão clara do conteúdo abordado em sala de aula.

Na metodologia ativa descrita no artigo 02, é pontuado que os alunos desenvolvam seus próprios projetos de pesquisa, definindo suas metas e os erros passíveis de serem transcorridos do trabalho. No que concerne ao estudo de caso (Artigo 04), as habilidades envolvidas foram a capacidade de envolver múltiplas perspectivas sobre um problema, o desenvolvimento de conhecimento estrutural, o aumento da capacidade de alunos para insights conflitantes integrados em mais de uma disciplina e a capacidade de resolver ou explicar um problema ou levantar novas questões de maneiras não acessíveis por meio de uma única disciplina.

No aspecto da aprendizagem colaborativa, segundo o artigo 23, o dinamismo, a distribuição e o uso adequado dos recursos utilizados pelos professores em sala de aula foram positivos e denotaram um aumento significativo da motivação por parte desses discentes. Em uma abordagem mista, associando duas ou mais metodologias ou recursos didáticos, de acordo com o artigo 27, os alunos praticaram suas habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e comunicação, além disso, aprenderam a importância da preparação de amostras e princípios de operação de vários instrumentos. Salienta-se ainda propostas didáticas tradicionais como a marcha analítica (Artigo 21) que reforçam vantagens tais como a busca de referenciais teóricos existentes confiáveis e a compreensão de cada reação estudada.

Neste sentido, salienta-se a pertinência da realização de novas pesquisas sobre o ensino de química analítica no ensino superior, visto a carência de pesquisas que associam temáticas

aos conceitos e técnicas abordadas, assim como a contextualização da futura prática profissional dos químicos e áreas afins, que necessitam de conhecimentos sobre legislação, uso e desenvolvimento de novas tecnologias.

Frente ao exposto, justifica-se esta pesquisa que associa os princípios da educação CTS para contextualizar a temática dos Agrotóxicos, mais especificamente empregando a situação de análise da atrazina, a partir da metodologia de RP, para as aulas sobre técnicas de extração e pré-concentração de amostras e técnicas cromatográficas de análise, como será descrito na sequência da fundamentação teórica.

2.2 ORIGEM DA EDUCAÇÃO CTS

Em meados das décadas de 1960 e 1970, após um crescente avanço científico e tecnológico, bem como a deterioração ambiental e as consequências oriundas da Primeira e Segunda Guerra Mundial, como o uso de bombas atômicas e posteriormente o conflito da guerra do Vietnã, a ciência e a tecnologia passaram a receber um olhar mais crítico da sociedade. Outrossim, com as publicações das obras “Primavera silenciosa” da bióloga Rachel Carson e “A estrutura das revoluções científicas” do físico Thomas Kuhn, ambas datadas de 1962, motivaram ainda mais as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS), emergindo assim, a origem desse movimento (AULER, BAZZO, 2001).

Desse modo, o surgimento do movimento CTS apresenta-se como uma resposta e traz novas considerações críticas a respeito do papel da ciência e da tecnologia. Na América do Norte, tanto quanto na Europa, a partir de três vertentes que se completavam: i. No campo da pesquisa, criando uma alternativa a reflexão tradicional sobre a ciência e tecnologia, promovendo uma nova visão contextualizada do meio social na atividade científica; ii. Na área das políticas públicas, em defesa da regulação social da ciência e tecnologia, incentivando a criação de meios e mecanismos mais democráticos para facilitar as tomadas de decisões com respeito às políticas científicas; e iii. No campo da educação, motivando a introdução e implementação de programas e disciplinas CTS no ensino médio e universitário (PALACIOS *et al.*, 2005).

Essas três vertentes tradicionalmente possuem enfoques diferentes, tanto na América do Norte quanto em países europeus, no entanto estão ligadas entre si pelo “silogismo CTS baseado em três premissas”. Na abordagem e tradição europeia, a pesquisa acadêmica recebe um maior enfoque com relação ao precedente social das mudanças científicas e tecnológicas, e o desenvolvimento da ciência e tecnologia é formado a partir da composição de fatores

econômicos, políticos e sociais. A outra, enfatiza a importância tecnológica científica como um meio promissor das mudanças de estilo de vida e de estimativa financeira. Por conseguinte, a terceira premissa visa uma conscientização democrática básica, que para tanto, necessita promover a avaliação do desenvolvimento científico tecnológico no âmbito social, significando construir bases sólidas e bem formadas de educação participativa, no intuito de criar meios e mecanismos que edifiquem essa participação (PALACIOS *et al.*, 2005).

Nessa visão holística quando falamos separadamente de cada termo da junção CTS, temos que o termo Ciência é derivado da expressão em latim *scientia*, que significa “conhecimento”, “saber”. Esta é uma ideia defasada que tem como intuito aplicar um método racional sem restrições externas, sendo dessa forma um método indutivo científico que leva a explicação de fenômenos e leis (JUNG, 2004). Atualmente, está presente no cotidiano da sociedade e tornou-se importante principalmente por ser submedida mediante poderes econômicos e estatais. Além disso, a ciência está vinculada à publicação de periódicos científicos, livros e tratados, que refletem na compreensão da natureza, sobretudo para que o estudante consiga compreender suas ações sociais (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Diante dessa perspectiva o termo Tecnologia, descrita segundo Reis (2004) como, o agrupamento de ideias empíricas e científicas que estão intimamente ligadas ao avanço de serviços que impactam no meio socioeconômico e social de forma geral. Ela é fundamentada no contexto CTS visando que através de sua formação, o indivíduo seja capaz de compreender a influência que a mesma tem no comportamento das pessoas e de gerar a conscientização de um desenvolvimento tecnológico sustentável.

Com relação à Sociedade, ela “é um corpo orgânico estruturado em todos os níveis da vida social” (SIMON, 1999, p. 03), com ênfase nas pessoas que vivem em um determinado sistema econômico social e político. Dessa forma, o desenvolvimento tecnológico tem provocado intensas mudanças no modo de vida da sociedade, como por exemplo, em novos aparatos tecnológicos e através disso, é importante que sistemas educativos sejam o *portifólio* da informação para as pessoas (SIMON, 1999).

2.2.1 Contribuição da educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Uma das principais áreas de ação social e investigação dos movimentos CTS está diretamente relacionada à educação. Nessa área, designada como “enfoque CTS no contexto educativo” há a contribuição com a difusão da educação tecnológica e científica dos indivíduos, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos que contribuem sobre

questões relacionadas ao CTS, segundo pesquisas científicas (AULER, 2003; BAZZO, 1998). Nessa perspectiva o ensino tem como foco considerar, conforme o contexto da interdisciplinaridade, os valores humanos e a atitude frente a questões sociais referentes à tecnologia e a ciência como conhecimentos construídos através do mapeamento de conteúdos que contribuem para a formação cidadã (SANTOS, 2007).

Esse eixo CTS na educação, incentiva no aluno o espírito investigador, reflexivo e que é capaz de transformar a realidade. Surge assim, a busca por elementos que fundamentam a resolução de problemas que fazem parte do dia a dia do aluno, amplificando o conhecimento para utilizá-lo na solução dos problemas gerais da sociedade em que está inserido (PINHEIRO *et al.*, 2007).

Dessa maneira Santos e Mortimer (2000), apresentam oito áreas de maior frequência nas abordagens CTS, sendo elas, “a saúde; terra; alimentação e agricultura; água e recursos minerais; indústria; ética e responsabilidade social; transferência de informação e tecnologia”.

Todavia existem algumas controvérsias segundo Bazzo (1998, p. 142), dado que é “inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos”. Porém, não devemos depositar toda nossa confiança nela, nos acomodando através do conforto que a tecnologia e seus aparatos e dispositivos técnicos nos proporcionam diariamente, pois tende a resultar no deslumbramento que a era moderna nos oferece esquecendo-se questões sociais, éticas e políticas.

Nesse viés, Auler (2003) afirma que não é plausível limitar o enfoque CTS a uma inovação didática, quando o mesmo está profundamente relacionado a um repensar do currículo, idealizado a partir de problemas factuais, contemporâneos, com atitudes interdisciplinares, significando que os estudos CTS não se restringem às ciências naturais. Reforçando esse cenário, Auler e Bazzo (2001, p. 02) questionam a “compreensão dos professores sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade” do ponto de vista de suas concepções, progressos e crenças e alertam para a necessidade de uma participação qualificada da sociedade.

Não obstante, os problemas educacionais vão muito além da estrutura das aulas ou das metodologias de ensino empregadas. De acordo com Silva e Marcondes (2015), foram encontradas dificuldades pelos professores, no que tange ao aspecto CTS, ao longo de um curso de formação sobre a elaboração de materiais didáticos fundamentados nesse enfoque. As

autoras destacaram aspectos como por exemplo, o número elevado de aulas que os docentes ministram, a dificuldade de criação e aplicação de materiais didáticos CTS, numa perspectiva de aulas que possibilitem uma relação de diálogo. Tais dificuldades foram apontadas no referido estudo em razão de dois motivos, sendo eles, o ensino tradicional que se caracteriza numa relação vertical professor/aluno e a grande quantidade de alunos por sala de aula (SILVA; MARCONDES, 2015).

Entretanto, há relatos promissores sobre o uso do enfoque CTS para elaboração de materiais didáticos e para fundamentar as aulas de Química, como, por exemplo, no artigo de Livramento *et al.*, (2021), em que foi elaborada pela docente uma Unidade temática sobre termoquímica, visando os alunos do ensino médio, no intuito de compreender o assunto realizando uma contextualização CTS. Essa relação foi possível, visto que a região no qual os estudantes residem tem forte polo minerativo, auxiliando no uso da abordagem, além da inserção de uma metodologia ativa de aprendizagem.

Nessa mesma visão, Buffolo e Rodrigues (2015) relataram uma proposta didática com estudantes do ensino médio abordando a perspectiva CTS. Foi selecionada a temática agrotóxicos devido a cidade em que os sujeitos estão inseridos ter a economia agrícola como renda prioritária. Observou-se ainda que a inserção de vídeos, aulas expositivas, leitura de textos e conhecimentos químicos como (concentração, diluições e soluções) auxiliaram os alunos na elaboração das atividades propostas e ao entendimento sobre a importância de reflexões socioambientais no ensino de química na visão CTS (BUFFOLO; RODRIGUES, 2015).

2.2.2 Contexto brasileiro e principais educadores da CTS

O primórdio da discussão CTS foi desenvolvido nas Universidades e nos meios dos movimentos sociais. Já no Brasil, os estudos que abordam CTS no meio educacional, foram mais pertinentes na década de 80, como também em nações latinas e americanas. Os educadores assim como os profissionais da educação nesse período, observaram a necessidade de uma educação que levasse em consideração o viés político, direcionada pela ação em busca da interdisciplinaridade em uma educação científica estruturada (BAZZO, 1998; AULER, 2002; SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Posterior a isso, na década de 90, foi promulgada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica e em função da mesma, uma série de documentos legais e oficiais, serviram de orientação para uma educação brasileira que apresenta indicativos de uma disposição a

educação CTS, destacando o exercício da reflexão, ação e análise crítica envolvendo Ciência e Tecnologia no contexto social (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Segundo Chassot (2016) o panorama da educação no Brasil encontra-se afastado da realidade pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que reforça que o ensino de Ciências seja guiado pelo enfoque CTS. Na sala de aula, muitas das vezes, os professores apenas abordam os conceitos científicos de acordo com os livros didáticos. Desta forma, não é realizada uma discussão e reflexão que vão ocasionar na ampliação do debate, relacionando o mesmo a temas sociais. Sendo assim, mantém-se uma visão reducionista do ensino de ciências.

No entanto, para Santos e Mortimer (2000, p. 120), “ao realizar uma análise dos pressupostos teóricos da educação CTS no contexto que envolvem o cenário educacional brasileiro apresentam, apoiados em estudiosos da tradição do hemisfério Norte, aspectos que caracterizam um currículo com foco em CTS”. Realçamos alguns tais como: preparação de sujeitos para que se tornem capazes de tomar decisões que envolvam problemas relacionados à Ciência e Tecnologia (CT); educador como preceptor que orienta e guia para o conhecimento e compreensão das relações CTS e o processo de tomada de decisão; e ciência examinada como atividade humana, que está ligada a questões sociais e diretamente com a tecnologia. Além disso, eles ressaltam que o foco principal da educação CTS é o desenvolvimento e alfabetização científica e tecnológica dos sujeitos no intuito de orientar os alunos a construir conhecimentos, utilizando habilidades e fomento de valores, como fraternidade, generosidade e respeito ao princípio de alteridade.

Para Strieder (2012), em busca de uma melhor compreensão de diferentes abordagens e características ao movimento CTS no Brasil é destacado uma sequência de variedades, no qual não tem uma conformidade em relação a ideias para introdução de discussões de CTS nos âmbitos escolares, isto é, de que maneira os objetivos serão alcançados, e quais procedimentos devem ser incorporados.

Outros importantes educadores brasileiros, Auler e Bazzo (2001, p. 02), asseveram que o “enfoque CTS detém a ideia de considerar as interações entre ciência, tecnologia e sociedade” como um princípio motivacional no ensino de Ciências, demandando uma compreensão dessas interações como fator primordial do movimento, contribuindo com o conhecimento científico.

Santos e Schnetzler (2010), no campo da química, argumentam que as abordagens dadas no ensino de Ciências que tem o enfoque CTS, são relevantes para a pesquisa da ciência, a

tecnologia e a sociedade e suas reciprocidades, no intuito do aluno compreender a interdependência, sob uma visão social. Nessa mesma perspectiva, Pinheiro; Silveira; Bazzo (2007), citam que o ensino tem seu foco em desenvolver no aluno a capacidade de debater sobre questões científicas– tecnológicas e, além disso, instigar assuntos que afligem/assolam sociedade.

2.3 A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

A Metodologia de Resolução de Problemas (RP) é uma variante do método *Problem Based Learning* (PBL). Este método PBL foi aplicado em torno da década de 1960, especificamente tendo seu primórdio na Faculdade de Medicina da Universidade de McMaster, Canadá. Seu objetivo principal foi mudar o ensino tradicional priorizando um ensino ativo de aprendizagem, que possibilitasse aos alunos ter contato com problemas reais do seu futuro profissional (HERREID, 1994).

Dessa maneira, diversas são as vertentes em que a RP é fundamentada, e que pode ser trabalhada no meio educacional envolvendo aspectos epistemológicos e pedagógicos que podem variar de acordo com a área de conhecimento (MEDEIROS; GOI, 2020). No ensino de Ciências, a RP usualmente é considerada como uma proposta que favorece à aprendizagem de conhecimentos científicos, além de procedimentos e atitudes, como a tomada de consciência de problemas socioambientais e autonomia para pesquisa e proposição de projetos (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Nesse viés, a resolução de problemas,

Enquanto metodologia de ensino permite o trabalho pedagogicamente orientado com situações instigantes (problemas), a construção de concepções científicas adequadas e o desenvolvimento de atitudes científicas. Como campo epistemológico, permite compreender a Ciência como empreendimento humano focado na resolução de situações empíricas e conceituais que promovem o desenvolvimento teórico e experimental da própria Ciência (GOI, 2014, p. 31).

Onuchic (1999, p. 203) ressalta que “a resolução de problemas compreende uma linha de pesquisa que obteve seu planejamento da Educação matemática”, no qual passou a ser estudado com maior destaque sob a atuação do matemático George Polya, nos Estados Unidos na década de 1960 e no mundo a partir de 1970.

Os constructos teóricos das pesquisas realizadas pelos espanhóis Daniel Gil-Pérez, Joaquín Martínez-Torregrosa e outros pioneiros, desde a década de 1980, apontam que a RP pode contribuir para a transformação dos sistemas de ensino no contexto da Didática das

Ciências (LIMA *et al.*, 2018). Assim, muitos pesquisadores investigam quais as dificuldades dos estudantes ao resolverem problemas (YURIEV *et al.*, 2017; GULACAR *et al.*, 2013) e quais as propostas utilizadas para resolução das situações-problema (BODNER; BHATTACHARYYA, 2005; GOI; SANTOS, 2009).

No momento atual, a RP é estudada e empregada em diversos campos de pesquisa, incluindo no ensino de Ciências, apresentando muitas vantagens na sala de aula. Ela se apoia nas apresentações de ocorrências que requeiram dos professores e alunos uma dinâmica de solução das perguntas, também servindo como uma ferramenta que beneficie a análise dos conteúdos vitais na construção e compreensão de conceitos, propiciando uma perspectiva investigativa de aprendizagem dos conhecimentos científicos (GOI; SANTOS, 2014).

Alguns exemplos de trabalhos científicos no campo da química e desenvolvidos por nosso grupo de pesquisa com o uso da RP são descritos por Ribeiro (2016) em relação à formação de professores de química, com a temática agrotóxicos. Nessa oportunidade, os futuros docentes tiveram que assumir o papel de estudantes em busca de uma interação e resolver problemas durante o período em que o curso de formação foi ministrado, e observaram-se novas possibilidades de trabalho em sala de aula. Ribeiro (2020), se valeu da mesma temática, porém, essa nova abordagem foi dirigida aos alunos da Educação Básica em instituições de escolas públicas na cidade de Porto Alegre. O principal objetivo de Ribeiro foi de proporcionar aos alunos a compreensão de dilemas que o uso de agrotóxicos traz a sociedade por intermédio de uma metodologia ativa de ensino.

Consequente a isso, de Lima *et al.*, (2016), apresenta uma experiência da utilização da RP com estudantes do curso de licenciatura de Química com o tema das ligações químicas. Após um estudo inicial, foi elaborado problemas referentes às ligações químicas para resolução dos estudantes. Salienta-se que apesar de algumas dificuldades enquanto sequência didática, os alunos conseguiram desenvolver as propostas por eles apresentados e verificou-se benéfica para o futuro profissional deles.

Na revisão sistemática apresentada na subseção anterior, apresentou-se um panorama sobre as metodologias de ensino e aprendizagem referentes à Química Analítica no ensino superior, nela destacamos o artigo de Gao (2015), que trata sobre a RP envolvendo análises químicas com implementação de auto projetos no intuito de motivar os alunos melhorando a confiança nas atividades autodirigidas proporcionando-lhes definir um problema e analisar dados e tirar conclusões apropriadas sobre o tema.

Em relação às dificuldades do uso da metodologia ativa são relatadas experiências nas quais os alunos sentem-se “perdidos”, pois, muitas vezes, os professores apenas limitam-se em resolver e ensinar de maneira repetitiva e passiva no ensino tradicional. No aspecto das diferentes teorias psicológicas que servem de base para a RP, as pesquisas científicas registram o impasse no entendimento dos problemas; a aplicação de conceitos fundamentais e encadeamento de técnicas de resolução; a habilidade de mobilizar o conhecimento para a realização da tarefa; uma disposição a aplicar fórmulas de maneira não reflexiva; e a baixa eficiência de analisar um problema de forma integral (GOI; SANTOS, 2014).

Dessa forma, a RP constitui-se como um procedimento didático que pode ser trabalhado com práticas experimentais, tornando-se eficaz e produtivo na edificação procedimental, atitudinal e conceitual dos sujeitos em relação ao saber científico (MEDEIROS; GOI, 2020). Nota-se ainda, que essa metodologia incita os alunos a pesquisarem e trabalharem em grupos articulados para resolução dos problemas. Além disso, estudos apontam que as atividades investigativas contribuem para a ampliação das habilidades cognitivas de mais alta ordem (SUART; MARCONDES, 2009).

De acordo com Zoller (1993), os distintos graus de demanda cognitiva apresentados pelos alunos em resolver problemas podem ser definidos de duas formas: Habilidades Cognitivas de mais Baixa Ordem (em inglês, *Low Order Cognitive Skills* -LOCS) e em Habilidades Cognitivas de mais Alta Ordem (em inglês, *High Order Cognitive Skills* - HOCS). As Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem são aquelas competências como conhecer, lembrar uma informação ou aplicar algoritmo ou resolução mecanizada. Por outro lado, as Habilidades Cognitivas de Alta Ordem são aquelas que tendem a função de resolver o problema, pensamento crítico, análise de variáveis, implicando uma tomada de decisão.

Partindo deste pressuposto teórico, Suart e Marcondes (2009) elaboraram categorias hierárquicas dos níveis de habilidades cognitivas, organizando-as em cinco níveis de demandas cognitivas que os estudantes mobilizam em relação às atividades práticas investigativas, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Categorias segundo os níveis de habilidades cognitivas

Tipos de respostas	Níveis	Descrição
Categoria de resposta LOCS	N1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Não reconhece a situação problema; ➤ Limita-se a expor um dado lembrado; ➤ Retêm-se a aplicação de fórmulas ou conceitos.
	N2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconhece a situação problema e identifica o que deve ser buscado; ➤ Não identifica variáveis; ➤ Não justifica as respostas de acordo com conceitos exigidos.
	N3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações; ➤ Identifica e estabelece processos de controle para seleção de informações, além de identificar as variáveis.
Categoria de resposta HOCS	N4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleciona as informações relevantes; ➤ Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema; ➤ Exibe capacidade de elaboração de hipóteses; ➤ Dispõe sobre possíveis soluções ao problema.
	N5	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleciona as informações relevantes; ➤ Avalia as variáveis e sugere possíveis soluções do problema; ➤ Além de usar o conhecimento científico

Fonte: SUART; MARCONDES (2009, p.58).

Analisando o Quadro 2, temos os dois níveis LOCS e HOCS. O nível N1 indica o não reconhecimento da situação problema e quando há a identificação é muito mais por

memorização ou aplicação de algum algoritmo. O nível N2 é quando o sujeito identifica a situação problema, porém não consegue identificar suas variáveis e nem fazer as relações necessárias com o que o problema pede. A categoria N3 é o nível de transição para o nível N4 do HOCS. Ela é considerada como intermediária, pois consegue identificar e estabelecer os processos para o problema, porém pode ser dita como uma resposta não formulada com as variáveis ou com a contextualização. Na classificação HOCS considerada de alta ordem, tem-se os níveis N4 e N5. O nível N4 é aquele em que o aluno trata as informações mais importantes analisando-as sugerindo possíveis soluções ao problema, além de exibir capacidade de elaborar hipóteses. O nível N5 engloba o que é abordado no N4 e apresenta a mais a capacidade de formação de pensamento crítico, com a utilização do conhecimento científico para resolução do problema, pautado na tomada de decisões, com uma abordagem coesa em vários contextos do problema (ZOLLER, 1993; SUART; MARCONDES; 2009).

Logo, a compreensão de conceitos e resolução de atividades investigativas podem requerer do aluno diversos níveis de pensamento, ou seja, diversos graus de demandas cognitivas, que podem aparecer em processos mais complexos como os de análise e reflexão, ou processos mais simplificados como o de trabalhar com algoritmos ou memorização. Portanto, o professor, na elaboração ou seleção de exercícios e problemas, precisa observar as demandas cognitivas e identificá-las, para a melhor análise da resolução proposta pelos alunos (ZOLLER 1993; SUART; MARCONDES; 2009).

Neste sentido, Zompero, Laburú e Vilaça (2019) desenvolveram e validaram um instrumento de análise para avaliar as habilidades cognitivas dos estudantes ao desenvolverem atividades de investigação nas disciplinas de Ciências. Para tanto, os autores tomaram por base um amplo levantamento bibliográfico para identificar na literatura quais são os elementos pertinentes ao ensino por investigação procurando um consenso estabelecido entre os investigadores dessa área, como os estudos de Pedaste *et al.*, (2015 *apud* ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019), que se fundamenta nas orientações do *National Research Council* (2000, 2012) e os graus de liberdade propostos por Carvalho (2006 *apud* ZOMPERO, LABURÚ; VILAÇA, 2019). Assim, os autores propuseram e validaram um instrumento com os seguintes *constructos* e domínios: *conceitualização*, que engloba os domínios: problema e hipóteses; *investigação* correspondente aos domínios planejamento para investigação/confronto de hipóteses; percepção de evidências; registro e análise dos dados; *conclusão* envolvendo os domínios conexão entre evidências com o conhecimento científico e comunicação dos resultados.

Para cada constructo e domínio, os autores associaram um grau hierárquico de três níveis de habilidades cognitivas, pautados nos estudos de Suart e Marcondes (2008) e Martins e Justi (2017 *apud* ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019). Desta forma, o instrumento permite o entendimento dos diferentes níveis de habilidades mobilizadas pelos estudantes a partir da resolução de atividades investigativas. O instrumento apresentado na Figura 5 ilustra o instrumento na versão final que foi validado por pesquisadores da área no estudo de Zompero, Laburú e Vilaça (2019) e que possibilita avaliar as capacidades cognitivas que os estudantes manifestam ao desenvolverem atividades de investigação.

Figura 5: Instrumento de análise das etapas investigativas

	ETAPA INVESTIGATIVA		NÍVEIS		RESULTADO Avaliação do aluno		VALIDAÇÃO (Atribua uma nota 0-10)		
	CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	NÍVEL	DESCRIÇÃO	Atividade 1	Atividade 2	Clareza	Importância (para avaliação do aluno)	Relevância (para a investigação)
Conceitualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1	<i>Não identifica</i>					
			N2	<i>Identificação parcial</i>					
			N3	<i>Identificação Completa</i>					
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1	<i>Não emitiu hipótese</i>					
			N2	<i>Hipótese não direcionada ao problema</i>					
			N3	<i>Hipótese coerente com o problema</i>					
Investigação	Planejamento para investigação/ Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida.	N1	<i>Não propõe o planejamento/ou Planejamento incoerente com a hipótese</i>					
			N2	<i>Planejamento parcialmente coerente com a hipótese</i>					
			N3	<i>Planejamento coerente com a hipótese</i>					
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses.	N1	<i>Não identifica evidências</i>					
			N2	<i>Identificação parcial de evidências relacionada com a hipótese</i>					
			N3	<i>Identificação das evidências e relações com as hipóteses</i>					
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1	<i>Não registra e não analisa</i>					
			N2	<i>Registra e analisa parcialmente</i>					
			N3	<i>Registra e analisa coerentemente</i>					
Conclusão	Estabelecem conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1	<i>Não explicam e não estabelecem conexão</i>					
			N2	<i>Explicam e estabelecem conexão parcial</i>					
			N3	<i>Explicam e estabelecem conexão coerente</i>					
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1	<i>Não Coordena os elementos da investigação</i>					
			N2	<i>Coordena parcialmente os elementos da investigação</i>					
			N3	<i>Coordena coerentemente os elementos da investigação</i>					

Fonte: Zompero, Laburú e Vilaça (2019, p. 206).

O instrumento proposto por Zompero, Laburú e Vilaça (2019) foi utilizado nesta pesquisa de forma adaptada, como será ilustrado na seção da metodologia.

2.3.1 Classificações dos Problemas

Segundo a literatura os problemas podem ser classificados de inúmeros tipos, dependendo da característica da tarefa, do grau de abertura do enunciado e do seu contexto. Dessas três, a mais importante é a característica da tarefa que diz quanto o problema mostra-se

definido. Dessa forma, a classificação abrange os problemas mais definidos e os indefinidos (POZO; CRESPO, 1998).

Um problema especificado como definido é de acesso fácil para reconhecimento e solução, sendo que o tipo de operação a ser resolvida está de forma clara e objetiva. Em contrapartida, um problema indefinido é aquele em os processos não são bem delimitados, resultando em inúmeras soluções. Para essas duas classificações encontram-se métodos diferentes e igualmente válidos para chegar à solução. Ressalta-se ainda que problemas totalmente definidos são considerados como um exercício, pois, os alunos conseguem empregar as técnicas para chegar à meta (POZO; CRESPO, 1998).

Estes problemas podem também ser classificados em relação ao seu contexto, sendo divididos em escolares/acadêmicos, cotidianos e científicos. Os problemas científicos são elucidados através da comunidade científica, ou seja, baseia-se na concepção de pressupostos decorrentes de modelos teóricos, experimentação, e em parâmetros quantitativos e qualitativos. Os problemas cotidianos surgem da vivência de cada indivíduo, um modo não reflexivo e pouco guiado por hipóteses, isto é, resolvido a partir de esforços imprecisos, de maneira pouca científica (POZO; CRESPO, 1998).

Os problemas escolares/acadêmicos tendem a apresentar atributos de uma pesquisa fechada, de forma que as normas e os recursos são disponibilizados pelo professor, e aos alunos, a função de formar a sua resolução. Outrossim, tendem a ser classificados como qualitativos, quantitativos ou pequenas pesquisas.

Os problemas qualitativos são abertos e a resolução ocorre por meio de critérios sem a exigência de suporte em cálculos numéricos. Em sua grande totalidade, demandam dos alunos uma relação dos conteúdos científicos com situações cotidianas, podendo ser resolvidos de diversos pontos, possibilitando um melhor entendimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (POZO; CRESPO, 1998).

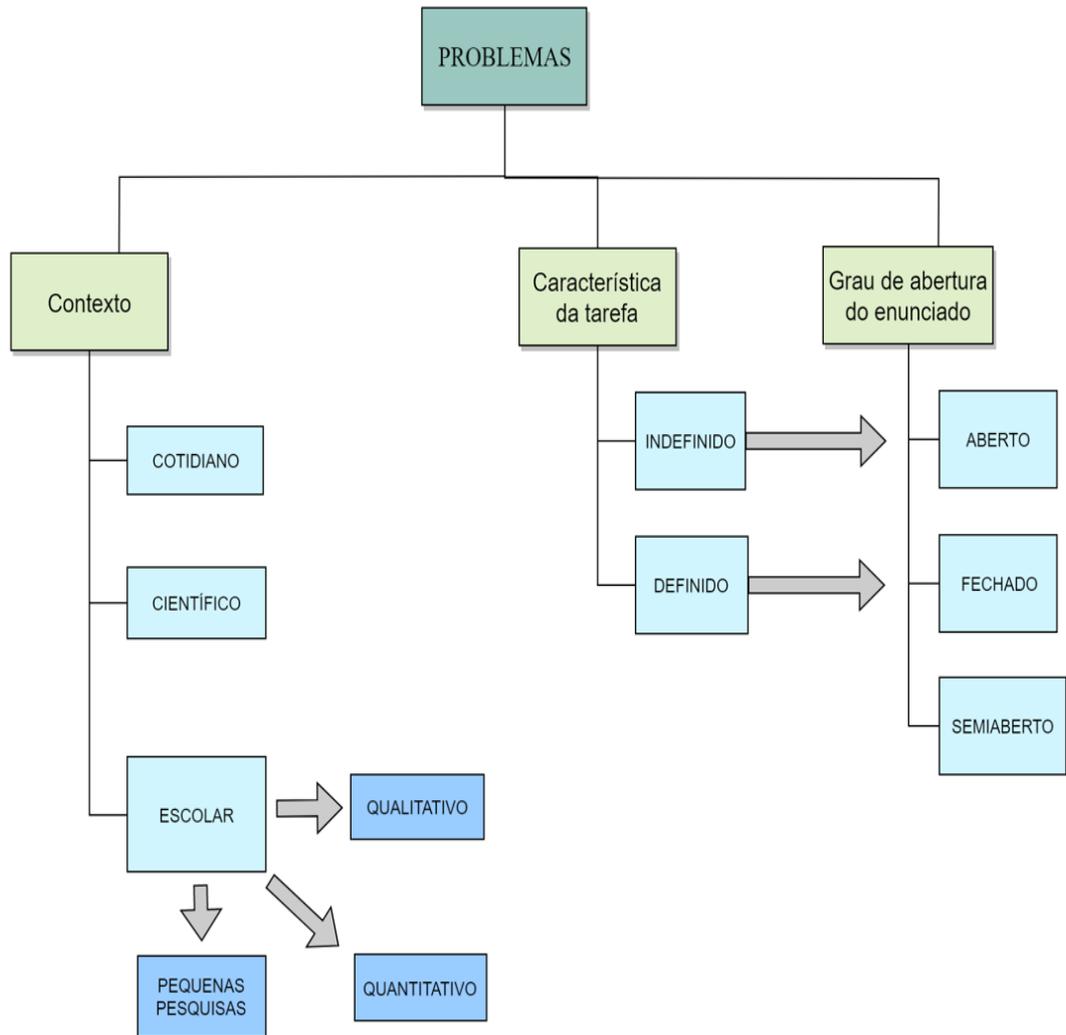
Os problemas quantitativos demandam dos estudantes que eles consigam operar elementos numéricos para chegar a uma resolução. Essa abordagem de solução é focada no cálculo e aplicação de fórmulas matemáticas, entretanto, o resultado pode não ocorrer de maneira numérica. Estes problemas são utilizados para conquistar objetivos efetivos, possibilitando aprendizado focado em habilidades, estratégias e algoritmos básicos. Em relação aos problemas de pequenas pesquisas, as soluções são atingidas através do exercício prático,

em que o estudante deve desenvolver hipóteses, elaborar planos e ponderar sobre os mesmos (POZO; CRESPO, 1998).

De acordo com Pozo e Crespo (1998), os enunciados proporcionam as informações para se ter o cenário do problema. Estes podem ser qualificados em abertos, semiabertos e fechados. Os problemas abertos são tidos como extensos, possuindo várias soluções e formas de resolução. Nos semiabertos, são disponibilizados dados que restringem o problema, porém permite aos estudantes elaborar ideias e estratégias que sejam passíveis de resolver e corrigir o “problema”. Já os problemas fechados, como o próprio nome delimita, apresentam resoluções que demandem etapas mais ou menos pré-estabelecidas.

Para algumas pesquisadoras como Goi e Santos (2014), o problema semiaberto é melhor, pois são disponibilizados os princípios gerais e essenciais para a solução dos problemas, permitindo o estudo das variadas formas de modelagem e possibilidade para melhorar a experimentação. A Figura 6 detalha os tipos de problemas, de acordo com o contexto, característica da tarefa e grau de abertura do enunciado.

Figura 6: Tipos de problemas



Fonte: Adaptado de Fernandes (2022).

Além das classificações sobre os tipos de enunciados, autores como Ribeiro, Passos e Salgado (2020) apontam sobre a necessidade de os enunciados apresentarem características eficazes, para otimizarem as potencialidades da RP, quanto ao entendimento e compreensão das etapas para resolução dos problemas propostos, para que professores e estudantes contemplem os objetivos do processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, a partir das pesquisas teóricas e práticas sobre o uso da RP, os autores estabeleceram quatro características que são consideradas como desejáveis para um problema eficaz, sendo estas: contextualização, reflexão crítica, motivação e o favorecimento da pesquisa e investigação.

A contextualização de um problema proposto favorece a apropriação e a aproximação do problema com o cotidiano do estudante. Quando o estudante se sente envolvido e próximo do problema proposto, sua motivação em resolvê-lo aumenta. Isso porque a contextualização

não redutiva, a partir do cotidiano, permite que o estudante relacione teoria e prática (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

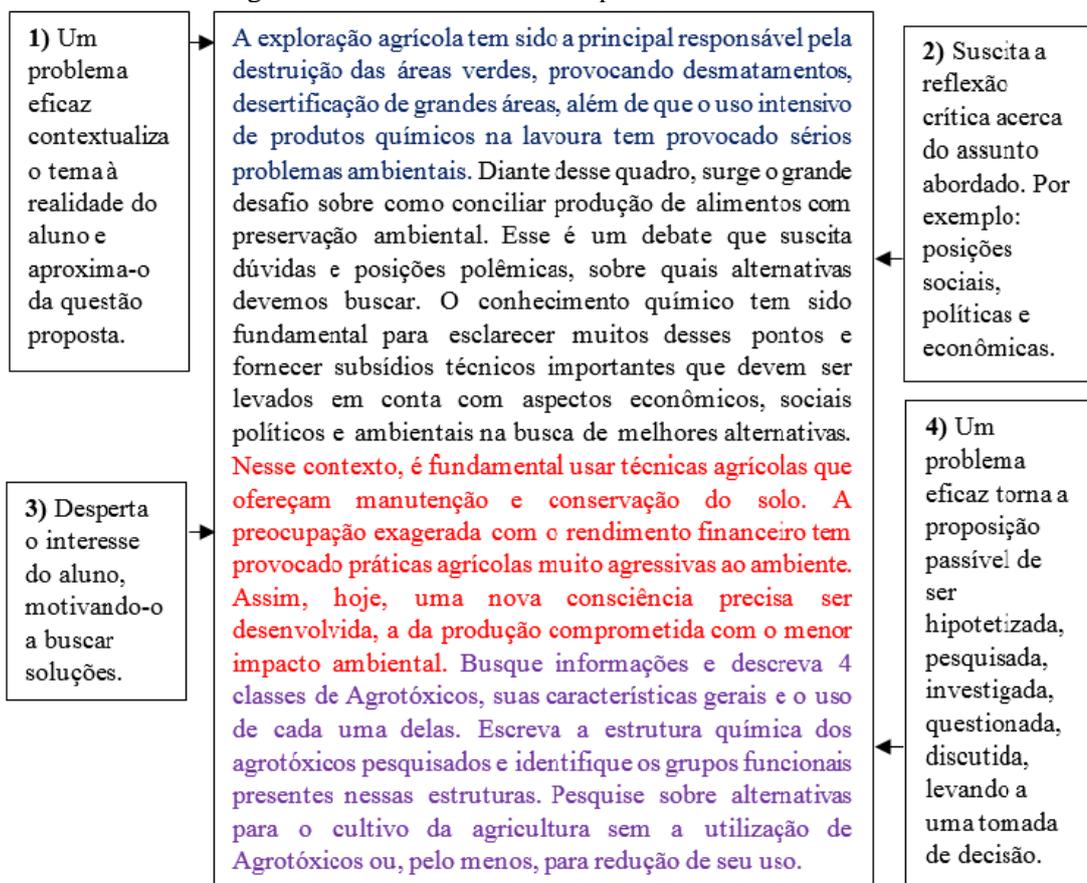
Um problema eficaz deve proporcionar uma reflexão crítica que pode levar o estudante a um posicionamento social ou político. Quando um problema é construído de forma a promover uma reflexão crítica, os alunos podem desenvolver sua capacidade de resolver situações que sejam mais desafiadoras e isso possibilita a eles um aprimoramento da criatividade e do senso crítico diante de problemas (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Um problema eficaz motiva o educando a resolver o problema. A motivação está associada à relação do estudante com um determinado assunto e que seja relevante para ele. A motivação para resolver um problema não é somente um fator interno, mas as condições para a resolução também são importantes, como o ambiente escolar, enunciado proposto e a orientação do professor. Quando os aprendizes estão motivados, eles apresentam um maior desempenho por se envolverem com o problema proposto (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Por fim, um problema eficaz favorece a pesquisa e a investigação. Para que um problema seja resolvido, os estudantes precisam elaborar hipóteses e procedimentos. Caso os alunos não elaborem procedimentos adequados, o problema não será resolvido. Nesse sentido, ao elaborar os procedimentos e hipóteses, o educando também estabelece o que será investigado ou pesquisado. Ao estabelecer seus métodos, os estudantes tomam decisões e, por fim, são capazes de chegar a resoluções adequadas à proposta (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Na Figura 7 ilustram-se as características de um problema eficaz. Cabe salientar que tais características foram consideradas para elaboração dos enunciados de problemas utilizados nesta pesquisa, como será mais bem detalhado na seção da metodologia.

Figura 7: Características de um problema eficaz.



Fonte: Ribeiro, Passos e Salgado (2020, p. 11).

Ademais, nesta pesquisa foram consideradas as proposições de Shepardson e Pizzini (1991), sobre o nível de exigência cognitiva (Quadro 3) requerida pelos enunciados dos problemas, ao longo das análises sobre as resoluções propostas pelos estudantes, assim como sobre a avaliação dos mesmos sobre a atividade vivenciada com a metodologia de RP.

Quadro 3: Nível de exigência das perguntas.

Nível	Descrição
P1	Requer que o estudante somente uma informação partindo dos dados obtidos.
P2	Requer que o estudante desenvolva atividades como sequenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
P3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Fonte: Shepardson e Pizzini (1991, apud SUART; MARCONDES, 2009, p.58).

Segundo Suart e Marcondes (2009), as habilidades cognitivas de ordem mais alta são favorecidas pelo uso de questões de nível P3, no qual se encontram em problemas que demandem dos alunos capacidade de uma reflexão crítica envolvendo a elaboração de hipóteses, inferências e avaliação das condições gerais para alcançar uma tomada de decisão. No entanto, as questões que necessitam por parte do aluno uma memorização de conceitos ou informações, partindo dos dados obtidos no exercício (P1), apoia-se e vai ao encontro de habilidades cognitivas de ordem mais baixa (N1 e N2).

A partir de perguntas de nível P2, gradualmente o aluno conseguirá realizar a transição do nível N3 para o nível N4 de habilidade cognitiva, visto que é necessário que o aluno desenvolva conhecimento para a aplicação de conceitos e leis que resultem na resolução do problema. É importante salientar que as respostas da questão de nível P3 não implicam necessariamente em um nível cognitivo N4 ou N5, se quer questão de nível P2 estão restringidas às respostas de nível cognitivo N3 (SUART; MARCONDES, 2009). Desta maneira, as respostas de nível N2 de cognição podem ser dadas para problemas de nível P3, como também respostas de nível N5 podem ser usadas para problemas de nível P2.

A avaliação prévia de diferentes níveis de cognições com relação as questões ou problemas elaborados favorecem o aperfeiçoamento das estratégias didáticas a fim de direcionar o desenvolvimento de diferentes habilidades cognitivas. Caso a intenção do professor seja a de estimular o desenvolvimento dos conhecimentos previamente adquiridos dos alunos, ele provavelmente utilizará exercícios com questões de nível P1 ou P2. Por outro lado, se a intenção é desenvolver nos alunos habilidades nos alunos de ordem mais alta (N4 ou N5), é apropriado aplicar atividades que envolvam questão de nível P3 (SUART; MARCONDES, 2009).

2.4 POR QUE A TEMÁTICA AGROTÓXICOS?

Não cabe dúvida que atualmente, no Brasil, o setor do agronegócio na economia brasileira representa um dos setores de maior destaque. Esse fato, associado ao marketing cotidiano em defesa deste setor econômico no nosso país, e a necessidade imperiosa de empregar agrotóxicos para manter ou ampliar a produtividade deste setor extrativista, fica evidente que a temática do uso de agrotóxicos constitui-se em um assunto polêmico que pode ser explorado nos diferentes níveis do ensino formal. Ademais, os aspectos anteriormente destacados sobre a educação CTS podem ser articulados mediante o uso de diferentes percursos

metodológicos de abordagem em sala de aula, ou no caso da química, também nos laboratórios em aulas experimentais, a partir da temática agrotóxicos.

Como exemplo na educação básica, Cavalcanti *et al.*, (2009) relatam a abordagem da temática agrotóxicos com três turmas do ensino médio (1^a, 2^a e 3^a séries) respectivamente com 50, 50 e 40 alunos. Inicialmente, foi realizado um questionário para verificar as concepções que os estudantes tinham sobre agrotóxicos. Os autores constataram que eles detinham uma noção dos impactos ao meio ambiente, mas, não das composições químicas dos pesticidas. Após esse primeiro momento, os alunos fizeram uma visita técnica a agricultores da região para saber o tipo de agrotóxico e manuseio utilizado para tal plantação. Motivados então, teve-se uma sequência didática na disciplina de química que norteava leituras, experimentação e discussões em grupo motivando os alunos a uma metodologia ativa acerca do tema proposto. Cada turma focou em determinado assunto, na 1^a série foi sobre os conceitos de elementos químicos, substâncias puras simples e compostas, dentre outros. Na 2^a série a docente explorou as funções químicas, soluções e noções de química ambiental, na 3^a série foram abordados conceitos sobre as funções orgânicas, estudo do carbono e noção de química ambiental. Também foram realizadas apresentações orais, discussões em grupo e relatórios experimentais, constatando assim, que a temática foi relevante para a aprendizagem conceitual de forma contextualizada por partes dos estudantes.

Na mesma linha, Locatelli *et al.*, (2016) abordam uma experiência com o uso de sequências de ensino fundamentadas teoricamente na aprendizagem significativa e interligando a educação à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CSTA) com a temática agrotóxico, sobre conhecimentos de química orgânica, voltados para 22 estudantes de uma escola rural. Inicialmente houve um levantamento de conhecimentos prévios, após isso questionamentos sobre o uso de agrotóxicos, seguido de aprofundamentos sobre estruturas/moléculas orgânicas, e atividades de fixação. Além disso, foi utilizada a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que permitiu aos alunos desenvolver como resolução histórias em quadrinho utilizando a temática como objetivo. Os autores indicaram que foi possível observar que o cotidiano dos alunos se fez de suma importância para a compreensão da abordagem proposta, estimulando as inter-relações para o ensino da química.

No ensino superior identificou-se um menor número de relatos na literatura, mas conforme Fernandes e Stuaní (2015), a problemática da utilização dos agrotóxicos é algo cada vez mais presente e preocupante, sendo dessa forma muito investigado no campo das ciências.

Os autores relatam uma pesquisa com licenciandos do curso de Educação do Campo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Para uma compreensão satisfatória acerca da temática esses alunos foram convidados a escrever um texto sobre a relevância da abordagem de agrotóxicos na educação básica e como iriam fazer a abordagem para tais estudantes. Na sequência, 12 destes textos foram selecionados e submetidos a uma Análise Textual Discursiva (ATD). Com a análise, os pesquisadores afirmaram que foi passível da temática ser compreendida em vários contextos sociais, ambientais, econômico, político, dentre outros. Destaca-se ainda que os licenciandos comentaram sobre os pontos controversos do uso dos agrotóxicos em relação a produtividade e às questões ambientais.

Assim, agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de planta ora veneno; são algumas das incontáveis designações referentes a uma série de substâncias químicas empregadas no manejo de pragas sejam elas vegetais ou animais, que estão sendo utilizadas com frequência na agricultura e pecuária (FUNDACENTRO, 1998). Desta forma, torna-se uma temática pertinente para ser abordada nos diferentes níveis de ensino, conforme os relatos apresentados acima.

Segundo Peres (1999), o uso de agrotóxicos no Brasil teve seu primórdio em meados das décadas de 1960 – 1970, quando ocorreu um aumento no processo de automação das lavouras, com a implementação dos maquinários e utilização de agrotóxicos no sistema de manufatura, sendo dado incentivo aos produtores para o seu uso via o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), que gerava empréstimos com baixas taxas de juros.

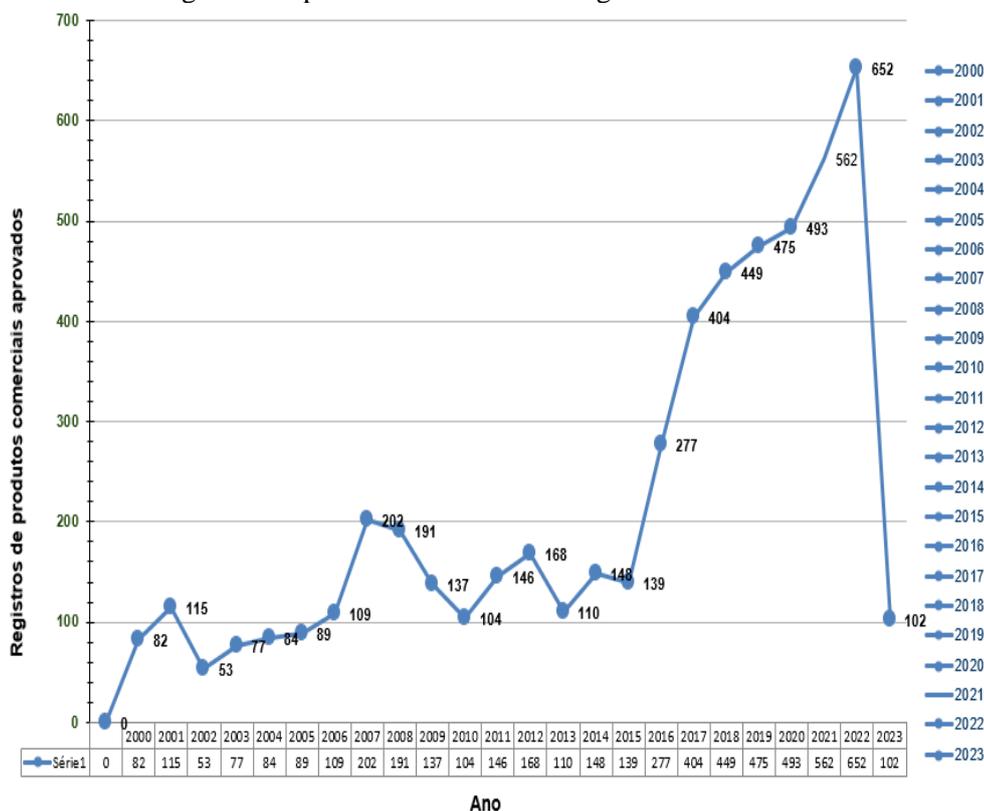
Dessa forma, estimulados pelos grandes avanços na política das importações as grandes indústrias químicas multinacionais visualizaram o Brasil como grande mercado de produção agrícola de monoculturas pela existência e possibilidade de expansão de grandes plantações. Tal fato, conseqüentemente, ampliaria a demanda de agrotóxicos empregados nas monoculturas para o combate de pragas nas lavouras. Por outro lado, já na década de 80, vários países desenvolvidos começaram a sentir os efeitos nocivos dos agrotóxicos em seus cultivos (LA DOU, 1994).

De acordo com dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), os agrotóxicos causam cerca de 70 mil intoxicações crônicas e agudas por ano e outros 7 milhões de casos com doenças derivadas do seu uso. Anualmente, são usados cerca de 2,5 milhões de toneladas de agrotóxicos, sendo que o Brasil, desde 2008, destaca-se como o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, com média de consumo de 300 mil toneladas de produtos comerciais,

significando um aumento de 700% nos últimos quarenta anos. Em relação aos estados brasileiros que mais utilizam agrotóxicos, o Rio Grande do Sul (RS) ocupa a 3ª posição com uma taxa de consumo de cerca de 12% do total no Brasil. Em primeiro lugar está o estado de São Paulo (SP) e na sequência o estado do Paraná (PR), respectivamente com taxas de consumo de 25% e 16%, decorrente do amplo uso e expansão do agronegócio no contexto econômico brasileiro (EMBRAPA, 2023).

Sobre os registros para produtos comerciais que contêm mais de um ingrediente ativo na sua formulação (CROFLIFE BRASIL, 2023), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no ano de 2022, registrou 652 agrotóxicos e afins. Esse valor de número de registros, quando comparado ao valor de 10 anos atrás, que foi de 168 registros implica em um aumento de 3,88 vezes no número de registros (Figura 8). Além disso, os dados colocam em evidência que os últimos oito anos foram de recordes consecutivos. Também é essencial ressaltar que a demanda por um determinado produto varia de acordo com o tipo de praga, das condições climáticas, e do cultivo e manejo do solo, entre outros fatores. Adicionalmente, cabe indicar que os produtos autorizados em outros países não são necessariamente autorizados no Brasil e vice-versa.

Figura 8: Número de registros de produtos comerciais de agrotóxicos no Brasil nos últimos anos.



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2023.

*O ano de 2023 apresenta valor de registro parcial, pois a figura foi gerada em junho do referido ano.

O tema da regulação dos agrotóxicos é muito importante, pois envolve aspectos de saúde pública, sustentabilidade, meio ambiente e segurança alimentar. Essa temática ganhou especial relevância com o projeto de Lei Nº 6.299/22, popularmente chamado de “Pacote do Veneno”, que caso seja aprovado, alteraria as regras de aprovação e comercialização dos agrotóxicos no Brasil, flexibilizando ainda mais a sua comercialização e uso. Evidentemente que o “Pacote do Veneno” conta com apoio incondicional da bancada ruralista do Congresso e no Senado, além das multinacionais do setor químico que produzem e importam tais insumos ao Brasil.

Em contrapartida, iniciativas como as do Fórum Gaúcho de Combate aos Impactos dos Agrotóxicos (FGCIA) representam um “espaço plural para o debate e articulação de ações concretas em defesa da saúde e do meio ambiente” que foi pensado e conta com a “participação de mais de setenta instituições, entre entes e órgãos públicos, conselhos de políticas públicas, entidades da sociedade civil, frente parlamentar em defesa da alimentação saudável, Defensoria Pública, sindicatos/associações/federações, conselhos de classe, universidades/instituições de ensino”. Tais iniciativas promovem periodicamente ações de caráter divulgativo e educativo que visam “fomentar ações concretas de tutela à saúde do trabalhador, do consumidor, da população e do ambiente” em relação ao uso de agrotóxicos e as alternativas que já existem ao uso de tais substâncias (FGCIA, 2023).

2.4.1 Definição

O debate sobre a nomenclatura da designação dos produtos químicos sintéticos empregados em lavouras e no tratamento de pragas, pode ter várias acepções, muitas até opostas. A Legislação Brasileira, antes da Constituição de 1988, nomeava por “defensivo agrícola” os produtos químicos, geralmente tóxicos, usados no combate às pragas da agricultura, porém esse termo carrega uma conotação enganosa de que as plantas são suscetíveis a doenças e pragas e que esse composto químico as “defenderia”, mascarando assim as características negativas e efeitos deletérios que a administração de tais compostos causa à saúde humana e ao meio ambiente.

No entanto, após a promulgação da Lei Nº 7.802, em 11 de julho de 1989, foi definida a mudança do termo empregado legalmente no nosso país para designar tais compostos químicos. Segundo essa nova legislação que ainda está em vigor:

agrotóxicos são os produtos ou agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas,

nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Os agrotóxicos são também substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989).

Outra denominação comumente empregada, inclusive confundida como sinônimo de “agrotóxicos”, é o termo “pesticida(s)”, o qual define um produto químico destinado ao controle de pragas. Esse termo pode ser compreendido como uma acepção simplificadora da ação dos agrotóxicos. Adicionalmente, talvez o vocábulo mais frequentemente empregado, por agricultores, é “veneno”. De acordo com o dicionário da Língua Portuguesa, o termo “veneno” define “qualquer substância, preparada ou natural, que por sua atuação química é capaz de destruir ou perturbar as funções vitais de um organismo” (AURÉLIO, 2023).

Em suma, segundo Peres e Moreira (2003), o termo agrotóxico é aquele que engloba um número maior de características necessárias à descrição de um universo, sendo coerente e denotado de princípios para o leitor, usuário e consumidor. Para Adilson Paschoal, citado na obra de Graciano Neto (1982),

Não devemos chamar de defensivos algo que também pode agir no sentido de agravar a situação da agricultura, pois quando pensamos em termos de natureza, tais produtos não podem ser encarados como instrumentos de defesa, mas sim de destruição e perturbação do equilíbrio da biosfera (NETO, 1982, p. 6).

2.4.2 Classificação

Embora a aplicação de agrotóxicos possa expandir a produção agrícola, em especial se o modelo de monoculturas for empregado, o seu consumo pode produzir uma série de consequências negativas aos seres humanos e meio ambiente. No caso dos seres humanos os agrotóxicos podem levar à doenças que vão desde diabetes até o desenvolvimento de diversos tipos de cânceres. Também se tem a contaminação do solo, das plantas, da água, do ar, bem como o aumento das pragas pela resistência que acaba sendo gerada a médio e longo prazo e a atenuação dos organismos vivos (SAÚDE *et al.*, 2016).

Dessa maneira, a classificação dos agrotóxicos conforme o grau de toxicidade para o ser humano é crucial, pois indica a toxicidade dos produtos relativos à Dose Letal (DL₅₀), ou seja, qual a dose que leva à morte de 50% da população testada de um determinado organismo-teste. De acordo com a Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989, acrescida pelo decreto nº 4074, de 04 de janeiro de 2002, no Brasil, “os rótulos deverão conter uma faixa colorida indicativa de sua

classificação toxicológica” (BRASIL, 1989), conforme pode ser observado na Figura 9, a seguir.

Figura 9: Classificação do grau de toxicidade dos agrotóxicos.

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Não classificado
	Extremamente Tóxico	Altamente Tóxico	Moderadamente Tóxico	Pouco Tóxico	Improvável causar dano agudo	Não classificado
Pictograma					Sem símbolo	Sem símbolo
Palavra de advertência	Perigo	Perigo	Perigo	Cuidado	Cuidado	Sem advertência

Classe de Perigo

Oral	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se inalado	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
Dérmica	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso se ingerido	-
Inalatória	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
Cor da faixa	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Azul	Azul	Verde

Fonte: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2019.

Além disso, os agrotóxicos podem ser classificados quanto ao modo de ação do ingrediente ativo no organismo alvo ou quanto à natureza da praga combatida, assim, são designados como inseticidas se atuam contra os insetos, herbicidas se atuam contra “ervas daninhas”, etc. Nesse viés, existem alguns ingredientes ativos de grande uso no Brasil, que são autorizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conforme mostra a Figura 10.

Um dos ingredientes ativos de destaque é a atrazina, a qual pode ser classificada como classe III - Medianamente Tóxico. Esse agrotóxico é proibido na União Europeia, mas nos

Estados Unidos (EUA), China, Japão e países do Mercosul sua comercialização e uso são autorizados (ANVISA, 2023).

Figura 10: Lista de ingredientes ativos mais consumidos no Brasil.

Nome	Grupo	Classificação toxicológica (ANVISA)	Classificação da Carcinogenicidade		Relação com o câncer
			IARC	USEPA	
2,4 D	Herbicida	Classe I Extremamente Tóxico	Grupo 2B: Possivelmente carcinogênico para humanos	-	Pele, Cavidade nasal, sinusal, nasofaringe, orofaringe, laringe
ACEFATO	Inseticida	Classe III Medianamente Tóxico	ND	Possível carcinogênico para humanos	Leucemias, Linfomas não Hodgkin, pâncreas
ATRAZINA	Herbicida	Classe III Medianamente Tóxico	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade de em humanos	-	Linfomas não Hodgkin
CLORPIRIFÓS	Inseticida	Classe II Altamente Tóxico	ND	Ausência de carcinogenicidade de para seres humanos	Leucemias, Linfomas não Hodgkin, pâncreas
DIAZINONA	Inseticida	Classe II Altamente Tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	-	Leucemias, Linfomas não Hodgkin, câncer de pulmão
DIURON	Herbicida	Classe III Medianamente Tóxico	ND	Provavelmente carcinogênico para humanos	Neoplasia (sem localização definida)
GLIFOSATO	Herbicida	Classe IV Pouco Tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	-	Linfomas não Hodgkin
MALATIONA	Inseticida	Classe III Medianamente Tóxico	Grupo 2A: Provavelmente carcinogênico para humanos	Linfomas não Hodgkin, câncer de próstata	-
MANCOZEBE	Fungicida	Classe III	Grupo 3: Não é classificável para carcinogenicidade de em humanos	-	Linfomas não Hodgkin

METOMIL	Inseticida	Classe I Extremamente tóxico	ND	Ausência de carcinogenicida de para seres humanos	-
---------	------------	------------------------------------	----	--	---

*IARC: Agência Internacional de Pesquisa em Câncer; USEPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2019; *International Agency for Research on Cancer*, 2018; *United States Environmental Protection Agency*, 2019.

Em vários estudos é destacada a relação entre a ocorrência de câncer e exposição aos agrotóxicos. Alavanja *et al.*, (2003) realizaram um estudo de coorte considerando 45 tipos de agrotóxicos e a relação com o câncer de próstata, com aplicadores de agrotóxicos nos estados de Iowa e Carolina do Norte nos Estados Unidos. O estudo indicou uma contribuição da exposição aos agrotóxicos com um aumento no risco de desenvolver câncer de próstata entre os indivíduos do estudo com histórico familiar da doença. Além disso, o uso de agrotóxicos clorados e a utilização de brometo de metila foram associados ao câncer de próstata. Portanto, a pesquisa chamou atenção para a relevância entre a interação do histórico familiar com a propensão de se ter câncer e, também, do risco de desenvolver a doença por conta da exposição aos agrotóxicos.

Já segundo Costa *et al.*, (2017), devido à massiva utilização de agrotóxicos e a exposição dos trabalhadores a estes agentes químicos, a incidência de câncer do tipo linfoma de não Hodgkin (LNH) se tornou maior, tanto no mundo quanto no Brasil. Segundo estudos realizados, o alto consumo de agrotóxicos como: diclorofenoxiacético (2,4-D), diazinona, glifosato e malationa está associado a uma alta taxa de mortalidade por LNH. Adicionalmente, esse estudo reforça a necessidade de adoção de medidas de vigilância com relação aos agrotóxicos no Brasil e medidas de regulação e legislação mais restritivas, como método de proteção a população brasileira.

Em relação à contaminação de crianças, segundo Tilson (1998), cerca de 70% dos defeitos ocorridos de má formação do desenvolvimento da criança não tem uma causa concreta, porém alguns tendem a estar relacionados com a exposição química aos agrotóxicos que, associada a fatores genéticos e nutricionais, podem contribuir com problemas de desenvolvimento do feto, alterações cognitivas, entre outros.

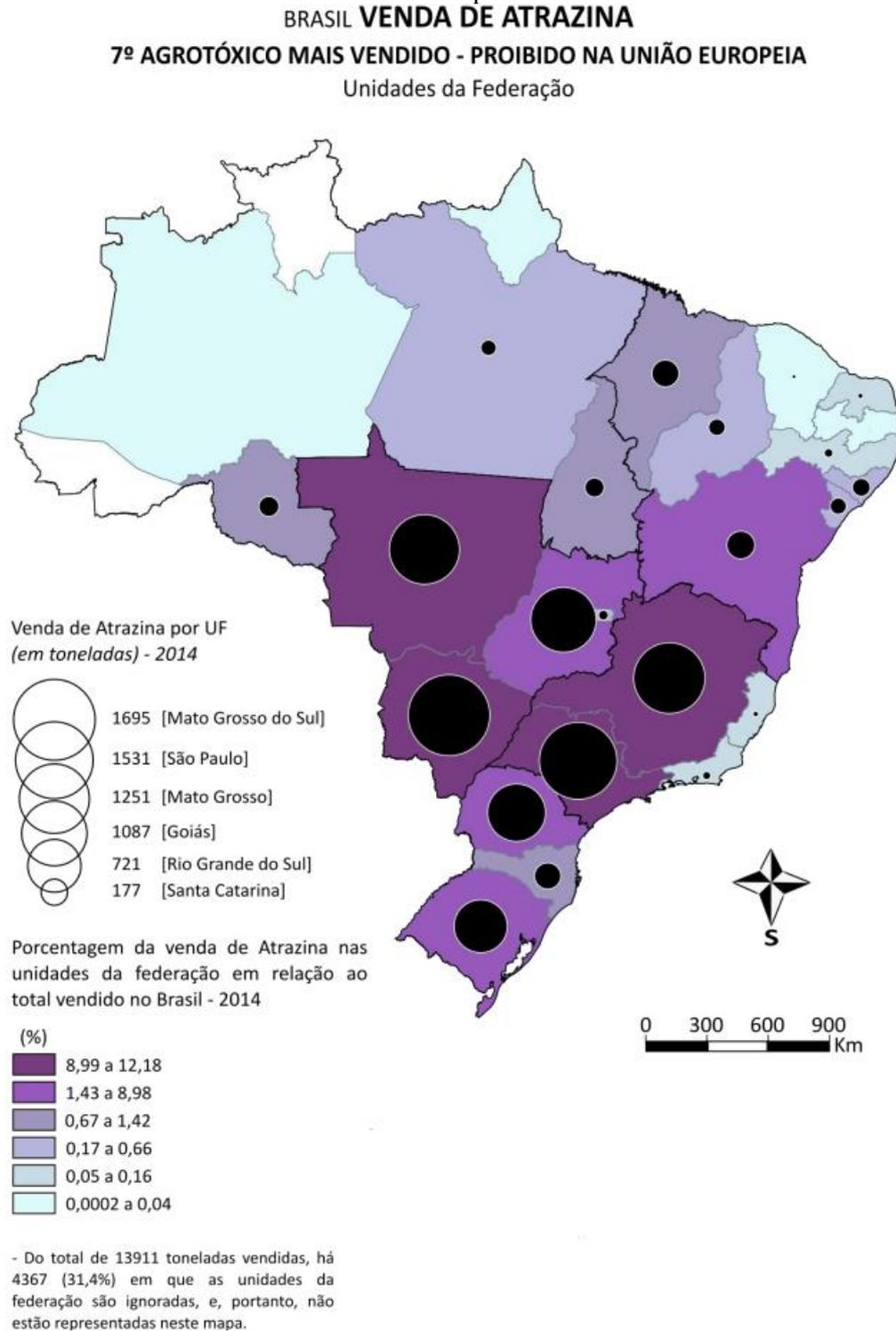
De forma geral, Bombardi (2017) relata que as principais causas de intoxicação de trabalhadores do campo estão ligadas à fatores acidentais, que são decorrentes da exposição de trabalhadores rurais e seus familiares. Também, dados de intoxicação por agrotóxicos podem

estar associados à tentativa de suicídio, que em 2013, alcançou a cifra de 1796 pessoas intoxicadas por uso de algum tipo de agrotóxico segundo o ministério da saúde.

2.4.3 Atrazina

O uso de agrotóxicos no Brasil nas últimas décadas ocorre de forma crescente sendo fruto da adoção de uma política econômica capitalista baseada na exportação de *commodities* agrícolas (soja, milho, etc.), os quais são produzidos por latifúndios que empregam o modelo de monoculturas. Segundo Marques (2018), o Brasil participa com apenas 4% do comércio mundial do agronegócio, mas consome hoje cerca de 20% de todo agrotóxico comercializado no mundo. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), o herbicida atrazina está na lista dos 10 ingredientes ativos mais consumidos e vendidos no Brasil (DIAS *et al.*, 2018). Adicionalmente, segundo Bombardi (2017), no ano de 2014, a atrazina foi o 7º agrotóxico mais vendido no Brasil e na União Europeia é proibido desde 2004. A seguir é apresentada a Figura 11, em que se verifica as toneladas de venda da atrazina por estado brasileiro. A maior venda se dá no estado do Mato Grosso do Sul (MS) com 1695 toneladas vendidas, seguidos de São Paulo (SP) e Mato Grosso (MT) com respectivas 1531 e 1251 toneladas de atrazina vendidas. O estado do Rio Grande do Sul está na 5ª posição com 721 toneladas do agrotóxico.

Figura 11: Toneladas de atrazina vendidas no Brasil por estados no ano de 2014.

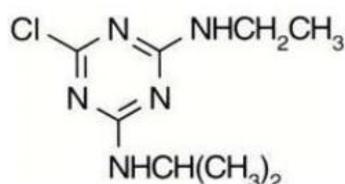


Fonte: BOMBARDI (2017).

A atrazina é um herbicida pertencente à família química das triazinas, usado na manipulação de “plantas daninhas” de folhas largas, em particular nas culturas de milho e cana-de-açúcar, as quais no contexto brasileiro têm grande relevância econômica. Este ingrediente ativo é aplicado na pré ou pós-emergência, possui o nome químico de 2-cloro-4-etilamino-6-

isopropilano-s triazina, e fórmula molecular igual a $C_8H_{14}N_5Cl$. A sua estrutura química apresenta um anel aromático simétrico constituído por três átomos de carbono e três átomos de nitrogênio em posições alternadas (OLIVEIRA, 2015). Pelo fato de possuir um átomo de cloro, a atrazina é incluída no grupo das clorotriazinas (Figura 12).

Figura 12: Estrutura química da atrazina.



Fonte: ANVISA, 2023.

A atrazina possui massa molecular de 215,7 g/mol, classificada como uma base com grau de volatilização de 0,04 mPa a temperatura de 20 °C e em mesma temperatura demonstra solubilidade em água de 33 mol L⁻¹, conforme é apresentado na figura 13. Essas propriedades da atrazina favorecem que esse analito apresente uma elevada persistência e mobilidade moderada, tais características permitem indicar um potencial da atrazina em favorecer a contaminação de matrizes aquosas e, também de águas subterrâneas, além de solo e sedimento (PROZEN, 2012).

Figura 13: Propriedades físico-químicas do herbicida atrazina.

Nome comum	P.F. (°C)	Solubilidade em água a 20 – 25 °C (mol L ⁻¹)	Pressão de vapor a 20 °C (mPa)	pK _a , 21°C	Densidade (g/cm ³)
Atrazina	175 -177	33	0,04	1,7	1,187

Fonte: Javaroni *et al.*, (1999, p. 59).

A existência de resíduos de agrotóxicos nos alimentos é uma questão central do princípio de segurança alimentar. Assim, a presença de agrotóxicos deve ser monitorada constantemente, nos diferentes tipos de alimentos. Assim, pode-se avaliar e controlar se os níveis de resíduos de agrotóxicos estão dentro dos Limites Máximo de Resíduos (LMR) permitidos. O LMR é um parâmetro estabelecido pela ANVISA, que determina a “quantidade máxima de resíduos de agrotóxicos oficialmente aceita no alimento, em decorrência da aplicação adequada do agrotóxico numa fase específica, desde sua produção até o seu consumo, expresso em miligrama de resíduo por quilograma de alimento (mg/kg)” (ANVISA, 2023). A

seguir são apresentados os LMRs e o intervalo de segurança da aplicação da atrazina para diferentes culturas onde esse agrotóxico é empregado.

Figura 14: Limite máximo de Resíduos (LMRs) do herbicida atrazina para diferentes culturas.

Culturas	Modalidade de Emprego (Aplicação)	LMR (mg/kg)	Intervalo de Segurança
Abacaxi	Pré/Pós-emergência	0,02	72 dias
Cana de açúcar	Pré/Pós-emergência	0,25	(1)
Gramado	Foliar	UNA	
Milho	Pré/Pós-emergência	0,25	(1)
Milheto	Pré-emergência	0,25	(1)
Pastagem	Pós-emergência	UNA	
Pinus	Pré/Pós-emergência	UNA	
Seringueira	Pré/Pós-emergência	UNA	
Sisal	Pré/Pós-emergência	UNA	
Soja	Pré/Pós-emergência	0,01	(1)
Sorgo	Pré/Pós-emergência	0,25	(1)

LMR = Limite Máximo de Resíduo

UNA = Uso Não Alimentar

(1) = Intervalo de Segurança não determinado devido a modalidade de emprego

Fonte: ANVISA, 2023.

Além disso, no caso de matrizes aquosas, tem-se a classificação de Valores Máximos Permitidos (VMP) de resíduos de agrotóxicos. Segundo a resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, o valor permitido de atrazina em corpos de água superficiais é de $2 \mu\text{g L}^{-1}$ para diferentes tipos de água destinados a diferentes finalidades (CONAMA, 2005). No caso de águas destinadas ao consumo humano, a PORTARIA GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Nela uma concentração máxima de atrazina e seus principais metabólitos (Atrazina +S-Clorotriazinas (Deetil-Atrazina - DEA, Deisopropil-Atrazina - DIA e Diaminoclorotriazina -DACT) não pode superar $2 \mu\text{g L}^{-1}$. Essa portaria ainda, incorporou ao monitoramento um dos principais produtos de transformação da atrazina, a Hidroxi-atrazina, a qual pode ser encontrada com uma concentração máxima de $120,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Em relação à contaminação, diversos estudos apontam que além do contato ocupacional de pessoas e animais próximos as áreas de aplicação dos agrotóxicos, existe propagação destas substâncias químicas em longas distâncias através da dispersão atmosférica e via corpos d'água. Segundo Curwin *et al.*, (2007), níveis de atrazina podem ser verificados na saliva e urina dos

trabalhadores após a pulverização e nas famílias por meio de níveis detectáveis em fluídos corporais. Ademais, a atrazina tem sido detectada em produtos alimentícios de uso do dia a dia, como trigo, arroz, leite, iogurte, comprovando assim seu potencial de contaminação em pessoas e animais.

Nesse enfoque, Huber (1993) e Solomon *et al.*, (1996) citam que em ambientes aquáticos a relevância ecotoxicológica da atrazina tem sido amplamente estudada usando várias plantas marinhas seguidas por animais marinhos, incluindo peixes, sendo que estes provaram ser modelos experimentais úteis para avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos expostos à poluição ambiental e às alterações bioquímicas associadas. Muitos outros estudos descreveram efeitos adversos da atrazina em concentrações de $5 \mu\text{g L}^{-1}$, as quais alteraram significativamente o comportamento de nado do peixe da espécie zebra *fish* (STEINBERG *et al.*, 1995).

Outro caso de contaminação em que foi encontrada a presença do herbicida atrazina ocorreu na Bacia Hidrográfica do Paraná 3. Alvo constante de preocupação para a saúde humana devido ao uso para consumo humano que ocorre na região, segundo o plano estadual da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, foi constatado cerca de 250 óbitos infantis associados a má formação fetal na região. Nesse caso, não há comprovação direta da relação entre as mortes e a água local contaminada com atrazina, mas a presença desse composto é constatada com firmeza, o que causa preocupação e alerta às comunidades locais (MATIAS *et al.*, 2021).

Frente esse panorama, a temática de agrotóxicos é importante de ser estudada por áreas correlatas às disciplinas focadas na Análise Química, visto a magnitude de suas propriedades físico-químicas e aplicabilidade nos cultivos em contexto nacional, conforme apresentado pelos autores citados nesta dissertação.

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho engloba uma pesquisa de natureza qualitativa e interpretativa. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p.11), “uma investigação qualitativa constitui de uma metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e os estudos das percepções pessoais.” Sendo assim, esta pesquisa se enquadra em um modelo que é desenvolvido no decorrer do trabalho e não necessita de recursos estatísticos para sua análise, como também, não tem o intuito de mensurar eventos.

Os interesses a serem alcançados na pesquisa qualitativa diferem daqueles adotados nos métodos quantitativos, justamente por serem mais amplos e possuírem uma perspectiva distinta. Os dados descritivos são obtidos pelo pesquisador através do contato com o objeto direto de estudo, e para tanto é importante que o pesquisador entenda o contexto em que está inserido sua pesquisa (DENZIN; LINCOLN; 2006; LÜDKE; ANDRÉ, 2018).

Segundo Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa possui, de forma geral, uma variedade de métodos e abordagens, sendo um campo em que é possível a relação coordenada de conceitos, termos e suposições. Ela consiste num aglomerado de ferramentas que englobam entrevistas, dados de campo, conversas, etc.

Desta maneira Lüdke e André (2018), afirmam que a pesquisa qualitativa se caracteriza com o seu espaço aberto como fonte de dados, sendo esses coletados descritivamente e tem como a principal ferramenta o pesquisador, atuando na busca dos mesmos.

Seguindo essa lógica, a presente pesquisa foi realizada no ambiente de Ensino Remoto Emergencial, através do Moodle, que é uma plataforma de ensino digital da Universidade. Dessa forma, nesse local, foram realizadas as aulas e orientações aos alunos a respeito dos problemas a serem resolvidos pelos grupos, adotando a metodologia de Resolução de Problemas e a temática de agrotóxicos, com ênfase em técnicas cromatográficas na disciplina de Química analítica e instrumental – A. A descrição dos instrumentos de coleta de dados e análise dos resultados serão apresentadas na sequência.

3.2 DETALHAMENTO DOS SUJEITOS E DA DISCIPLINA

Esta pesquisa teve como público-alvo os estudantes dos Cursos de Engenharia Ambiental e Biotecnologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que estavam cursando a disciplina de Química Analítica Instrumental-A (QUI01039) no

Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química da UFRGS durante os dois semestres letivos de 2020 e o primeiro semestre letivo de 2021. Tal disciplina tem uma carga horária total de 5 créditos (2 créditos (30h) teóricos e 3 créditos (45h) práticos) e é ofertada semestralmente aos estudantes do segundo semestre dos cursos anteriormente mencionados (UFRGS, 2020). As aulas teóricas eram ministradas em encontros semanais onde todos os estudantes matriculados na disciplina participavam deste encontro. Já as turmas práticas, mesmo com o Ensino Remoto Emergencial (ERE) adotado durante o período de execução desta pesquisa por conta da pandemia, tiveram um número limitado de estudantes. Nesse caso, o grupo total de alunos matriculados na disciplina era dividido em 3 turmas práticas, as quais contavam com uma carga horária de 3h semanais e máximo de 10 estudantes por turma. No total 46 alunos, sendo 15 do primeiro e segundo semestres letivos de 2020 e 16 do primeiro semestre letivo de 2021 participaram como sujeitos deste estudo.

O conteúdo programático da disciplina está apresentado no ANEXO I. O seu objetivo é o estudo dos fundamentos teóricos e realização de experimentos relativos aos métodos clássicos e instrumentais de análise química quantitativa que visem desenvolver habilidades e comportamentos necessários ao emprego da análise química quantitativa, além disso, que os alunos tenham a capacidade de avaliação dos diferentes métodos de análise, possibilitando a avaliação crítica dos resultados obtidos.

A metodologia de RP foi abordada em uma sequência didática da seguinte forma: a primeira aula teórica foi sobre métodos de preparo de amostras (métodos de extração e pré-concentração), destacando sua importância no pré-tratamento das amostras que posteriormente serão analisadas por técnicas cromatográficas de análise. Nessa oportunidade as principais e mais tradicionais técnicas foram abordadas: Extração Líquido-Líquido (LLE), Extração em Fase Sólida (SPE) e Microextração em Fase Sólida (SPME). Como leitura adicional e complementar foi disponibilizado/enviado aos alunos artigo de revisão que versava sobre técnicas miniaturizadas (Extração em fase micro-sólida (μ SPE), extração dispersiva de fase micro-sólida (DMSPE), extração magnético sólido-fase (MSPE), microextração por sorvente embalado (MEPS), extração sortiva em barra de agitação (SBSE), microextração em fase líquida (LPME), microextração em fase líquida com fibra oca (HF-LPME), microextração líquido-líquido dispersiva (DLLME). Na semana seguinte, na segunda aula teórica, foi explicado aspectos relevantes sobre os fundamentos dos métodos cromatográficos, enfatizando a origem do termo, evolução, a classificação dos métodos cromatográficos, modelo dos pratos teóricos, modelo cinético, Equação de van Deemter (capacidade, seletividade e eficiência),

definições e termos importantes da área (tempo de retenção, tempo morto, tempo de retenção corrigido, eluição, co-eluição, número de pratos teóricos, etc.) Na terceira e quartas semanas de aula teóricas, nos encontros foram abordados aspectos da cromatografia a gás e cromatografia a líquido, respectivamente, enfatizando a sua aplicabilidade, módulos que compõem os sistemas instrumentais, além de detalhamento de parâmetros de funcionamento importantes para cada um dos sistemas.

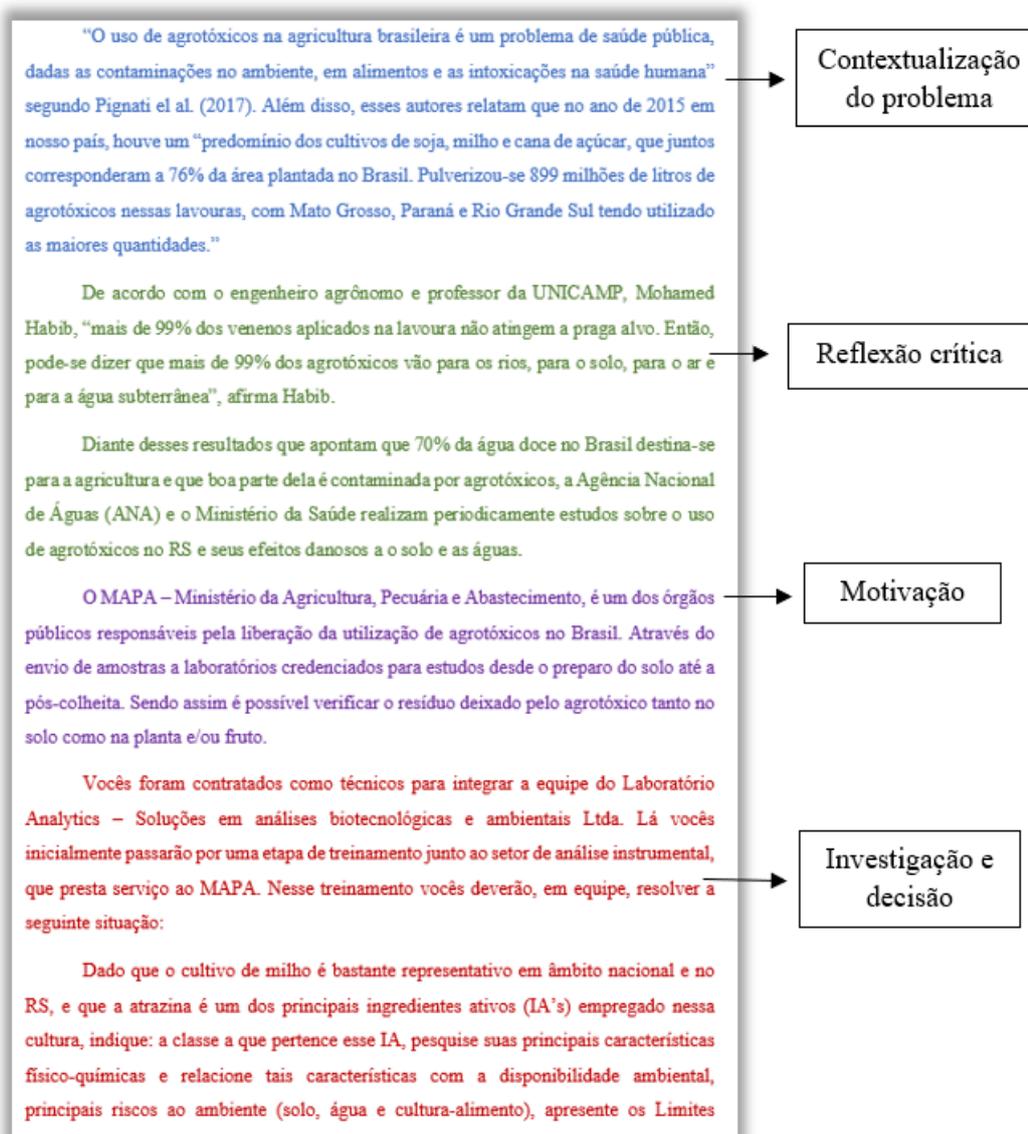
Em relação às aulas práticas, a primeira aula abordou uma breve descrição sobre o que é e os usos da metodologia de Resolução de Problemas no ensino superior, para que os estudantes conhecessem sobre essa perspectiva dos processos de ensino e aprendizagem. Depois foi apresentado o vídeo “UFSC Explica – Agrotóxicos” que trata sobre os riscos dos agrotóxicos para saúde pública, alternativas para produção em larga escala sem o uso de agrotóxicos, impactos ambientais do uso destes compostos químicos e as razões que contribuem para o amplo uso de agrotóxicos em quase todos os tipos de cultivos no Brasil. Também na aula prática inicial, os grupos de alunos foram divididos e os problemas propostos foram atribuídos aos grupos e lidos para a turma (APÊNDICE I), enfatizando o que havia de similar e diferente entre os 3 problemas elaborados pelas professoras.

Esses três problemas versaram sobre o uso de agrotóxicos na agricultura e as suas consequências, desde contaminação no meio ambiente, alimentos e intoxicações que são fatores de risco. O agrotóxico selecionado para os 3 problemas foi a atrazina, pelo seu amplo uso e, também, por ser um dos agrotóxicos regulados na legislação vigente. Nesse viés, os problemas questionaram os alunos como sendo técnicos de uma equipe de laboratório no intuito de resolverem a seguinte situação: Para o problema I, como eles fariam a análise da atrazina em uma amostra de água superficial indicando a técnica de extração/ pré-concentração e técnica cromatográfica de análise que deveria permitir identificar e quantificar tal analito (vide Figura 15). Para os problemas II e III, os alunos teriam os mesmos questionamentos, mudando apenas a matriz de estudo, que seria o solo no problema II e o milho no problema III, respectivamente. É importante salientar, que cada problema, foi distribuído para, pelo menos, dois grupos diferentes nas 3 turmas práticas, com o objetivo de ter uma diversidade de resoluções. Os problemas solicitaram ainda para os alunos pesquisarem sobre os termos “agrotóxicos”, “defensivos agrícolas” e “venenos”, e para que os grupos de alunos indicassem sua opinião sobre qual nomenclatura é a mais adequada. Também, os grupos de alunos deveriam buscar e apresentar alternativas ao modelo de monocultura adotado no Brasil, enfatizando vantagens e

desvantagens desse modelo alternativo desde o ponto de vista ambiental, econômico e sociocultural.

Os três problemas foram analisados e validados por pesquisadores da área e atenderam as características de um problema eficaz, como pode ser identificado com a Figura 15 do Problema I. Para os Problemas II e III o que diferencia é apenas a amostra (matriz) que respectivamente é solo e milho. Na figura 15 destacou-se em letra azul o trecho referente à contextualização do problema, em verde à reflexão crítica, em roxo à motivação e em vermelho às questões a serem investigadas.

Figura 15: Características de um problema eficaz apontadas no Problema I.



Máximos de Resíduos (LMR's) para a atrazina nas diferentes culturas em que pode ser utilizada;

Indique como vocês fariam a análise quantitativa da atrazina em uma amostra de água superficial, indicando claramente qual a técnica de extração/pré-concentração selecionada no preparo da amostra e qual a técnica cromatográfica que seria utilizada para viabilizar o monitoramento (identificar e quantificar) tal analito.

Pesquise o significado dos termos agrotóxicos, venenos e defensivos agrícolas e indique qual destes termos está definido na legislação brasileira vigente e qual a sua opinião sobre a nomenclatura mais adequada. Faça uma pequena reflexão sobre a utilização destas denominações como sinônimos no contexto político e econômico de nosso país.

Existem alternativas ao modelo de monoculturas amplamente adotado no Brasil, desde o ponto de vista ambiental; econômico; sócio-cultural? Explique sua resposta para cada um dos aspectos anteriormente indicados trazendo referências que justifiquem esse posicionamento para cada um dos aspectos.

1. Pignati et al., Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde, *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10):3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

2. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/>. Consulta realizada em 24 de setembro de 2020.

Investigação
e decisão

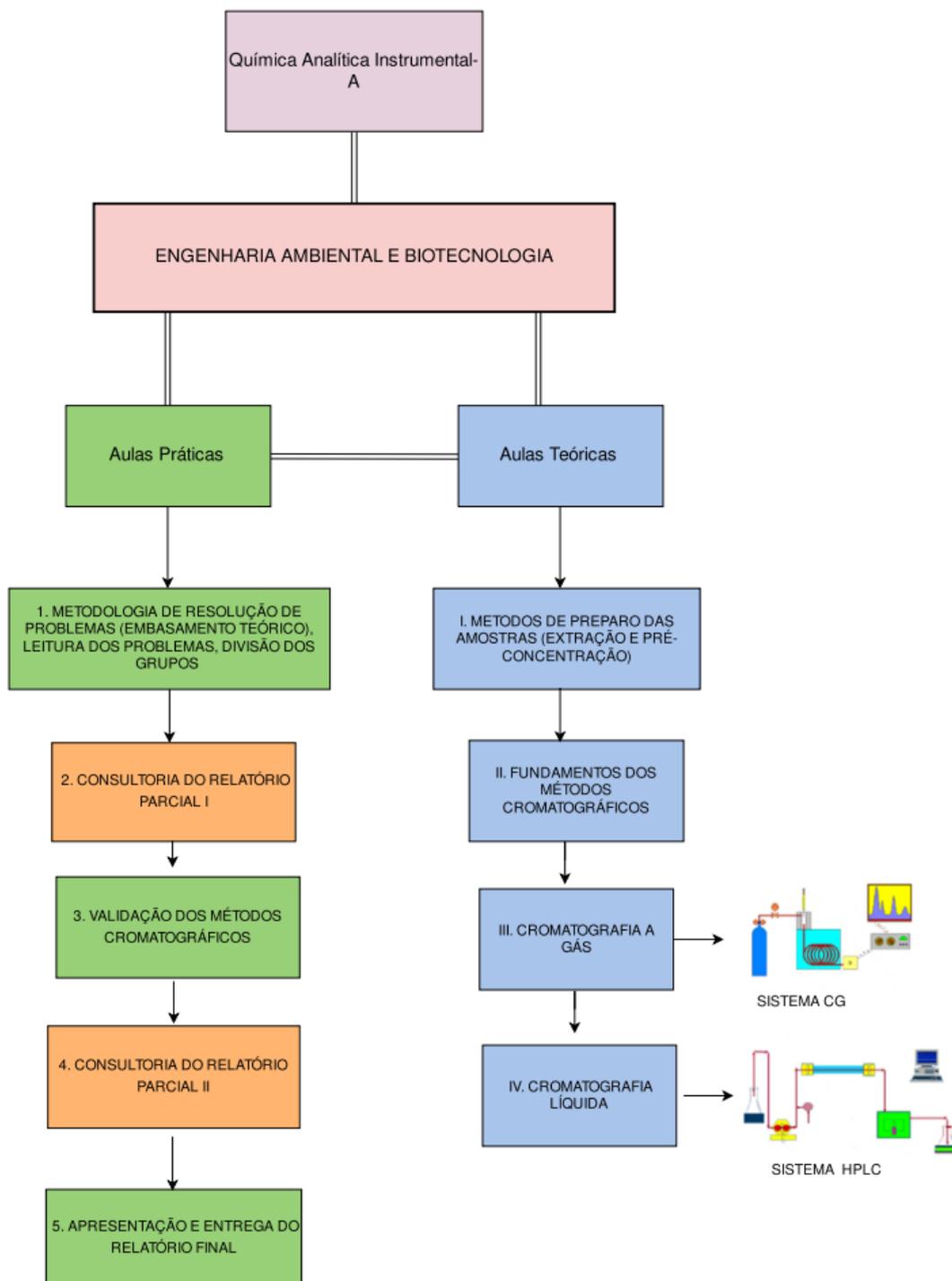
Fonte: Autora, (2023).

Na segunda aula prática, os alunos tiveram a primeira “consultoria” com as professoras. Nesse caso os grupos tinham um horário pré-definido de 60 minutos (durante o período de aula) para atendimento individualizado ao grupo pelas docentes. Nesse momento os alunos apresentaram o que já haviam pesquisado, as fontes bibliográficas, dúvidas, etc. Todavia, no semestre 1-2020 nenhum estudante participou da atividade de consultoria, pois era uma atividade optativa. No segundo encontro prático nos semestres 2-2020 e 1-2021, os grupos de alunos foram orientados a participarem de forma efetiva da consultoria e a fazer a entrega do relatório parcial I às docentes. Esse relatório parcial I constituiu um esboço inicial do trabalho final. Ele foi posteriormente corrigido pelas docentes e reencaminhado aos grupos com comentários, sugestões, etc. Na terceira aula prática, os estudantes tinham contato com uma apresentação sobre validação dos métodos cromatográficos. Nela, uma das docentes enfatizou a importância de validar um método analítico, as principais figuras de mérito, a legislação vigente e o potencial de aplicabilidade em todos os métodos quantitativos instrumentais de análise. No semestre 1-2021, na quarta aula, teve lugar, a segunda “consultoria” dos grupos com as docentes. Após a consultoria os alunos deveriam entregar o relatório parcial II, o qual era corrigido e analisado pelas docentes e novas sugestões e comentários eram inseridos com

vistas à produção do relatório final. Nos semestres 1-2020 e 2-2020, os alunos tiveram que apresentar a sua resolução do problema aos demais colegas, em aula. Já no semestre 1-2021, os alunos foram motivados a elaborar um vídeo com essa apresentação. Assim, na última aula prática os estudantes apresentavam as resoluções dos problemas por meio de vídeos produzidos por eles, com ilustrações e áudios próprios. Também entregaram digitalmente os relatórios finais com a descrição das resoluções propostas por cada grupo ao seu problema.

Nota-se que a sequência didática (Figura 16), foi realizada em todos os semestres, com exceção da inserção do relatório parcial e da consultoria I realizada nos semestres letivos 2020-2 e 2021-1 e a consultoria II e relatório parcial II que foram realizados somente no 2021-1 (na Figura 16 esta observação está representada pela cor laranja). Essa obrigatoriedade de participar das “consultorias” e entregas dos relatórios parciais se deu para adotar um processo avaliativo processual, visto que a cada semestre a professora e pesquisadoras identificaram as dificuldades dos estudantes ao longo do processo de investigação. Em resumo, no semestre 2020-1 os estudantes resolveram os problemas sem consultoria e sem produzirem o relatório parcial. Em 2020-2 houve uma consultoria e a entrega de um relatório parcial. Já em 2021-1 aconteceram dois momentos de consultoria e duas entregas de relatórios parciais.

Figura 16: Esquema de seqüência didática empregadas nas aulas teóricas e práticas da QUI01039.



Fonte: Autora, 2023.

3.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS PARA ANÁLISE INTERPRETATIVA

Os dados da coleta foram levantados por meio do questionário (Apêndice II), sobre o desenvolvimento da metodologia de Resolução de Problemas, aplicados nos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1. Para a realização desta pesquisa, os alunos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice III).

O questionário foi respondido na última aula prática, após as apresentações dos trabalhos/vídeos juntamente com a entrega do relatório final. Esta ferramenta serviu para avaliar as percepções de cada aluno em relação às atividades propostas na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A (QUI01039). Este era composto por 12 perguntas, sendo as nove primeiras relacionadas ao perfil dos estudantes e a 10ª e 11ª perguntas afirmativas relacionadas a temática agrotóxicos e a metodologia de resolução de problemas. A última questão era aberta e optativa para que os estudantes respondessem o que eles acharam da proposta da RP. O questionário foi validado em semestres anteriores pela professora regente da disciplina. Os apontamentos dos estudantes nas aulas e consultorias, além das reflexões das professoras foram registradas no Diário de Campo das pesquisadoras.

Para verificar a percepção dos estudantes quanto à RP nas aulas práticas da disciplina nos semestres selecionados foi usado um questionário do tipo Likert, o qual se baseou em 5 diferentes etiquetas linguísticas. Para analisar os resultados foram elaboradas figuras com escores numéricos, seguindo a enumeração: 1 = DT (Discordo Totalmente); 2 = DP (Discordo Parcialmente); 3 = NO (Não tenho opinião); 4 = CP (Concordo Parcialmente); 5 = CT (Concordo Totalmente). Através da Equação 1 foi possível calcular os escores para cada afirmativa.

$$RM = \frac{\sum(Fi \times Vi)}{NT} \text{ (Equação 1)}$$

Onde: RM = Ranking Médio (Escore), F_i = Frequência Observada por resposta e item, V_i = Valor de cada resposta, NT = Número Total de Respondentes. Os escores obtidos possuem valores que variam de 1 e 5, no qual os maiores valores indicam maior concordância com a respectiva afirmação.

Para análise dos relatórios e vídeos com as resoluções dos problemas foi utilizado um instrumento que caracteriza os níveis de habilidades cognitivas mobilizadas pelos estudantes para resolverem os problemas, conforme Quadro 4. Com esse objetivo, adaptou-se o instrumento analítico desenvolvido por Zômpero, Laburú e Vilaça (2019), ilustrado na Figura

5, e ampliou-se de três, para os cinco níveis de habilidades cognitivas apresentados por Stuart e Marcondes (2009), como realizado por Fernandes (2022) para analisar a resolução de problemas propostas por um conjunto de professores, em um curso de formação continuada. Em seus estudos, as referidas autoras apresentam um instrumento intitulado “nível das habilidades cognitivas dos estudantes” organizado em cinco níveis considerando as habilidades cognitivas propostas por Zoller (1993), como apresentou-se no Quadro 2 desta dissertação. O nível 1 indica um processo algoritmo, em que o estudante se limita somente a expor um dado memorizado. Os níveis 2 e 3 indicam habilidades do tipo LOCS e os níveis 4 e 5 habilidades do tipo HOCS.

Considera-se que o instrumento adaptado por Fernandes (2022) amplia as possibilidades de análise das etapas investigativas propostas por Zômpero, Laburú e Vilaça (2019) em termos de possibilidades para o estudo dos níveis de habilidades cognitivas e para orientar o processo de avaliação das capacidades dos estudantes no processo de resolução dos problemas, assim como será realizado nesta pesquisa. Todavia o instrumento utilizado por Fernandes (2022) não apresentou nível hierárquico de cinco níveis para todos os constructos e não continha os domínios “Registro e análise de dados” e “Percepção de evidências”, como está sendo proposto nesta pesquisa e propostos por Zômpero, Laburú e Vilaça (2019), conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4: Instrumento de análise dos relatórios finais dos grupos para resolução dos três problemas.

Etapas de resolução			Níveis de habilidades cognitivas	
Constructo	Domínio	Características	Níveis	Descrição
Contextualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1	Não identifica ou não reconhece a situação problema.
			N2	Reconhece a situação problema e identifica o que deve ser buscado, todavia não identifica variáveis.
			N3	Identifica os elementos constituintes do problema e identifica as variáveis, não explicitando, todavia, os seus significados conceituais.

			N4	Identifica os elementos constituintes do problema e analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema.	
			N5	Identifica de forma completa os elementos constituintes do problema e analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema.	
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1	Não elabora hipóteses.	
			N2	Não elabora hipóteses, mas busca resolução algorítmica ou mecanizada, como uso de resolução de exemplos ou exercícios parecidos.	
			N3	Hipótese não direcionada ao problema.	
			N4	Hipótese parcialmente coerente com o problema.	
			N5	Hipótese plenamente coerente com o problema.	
	Investigação	Planejamento para investigação/ confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1	Não estabelece processos de controle para a seleção de informações relevantes e não propõe um planejamento de atividades para confronto das hipóteses, pois não emite hipóteses.
				N2	Não estabelece processos de controle para a seleção de informações relevantes e propõe um planejamento de atividades, mas não para confronto das hipóteses, pois não emite hipóteses.
				N3	Identifica e estabelece processos de controle para a seleção de informações relevantes à resolução do problema, realizando um planejamento de atividades, mas não para confronto das hipóteses, uma vez que estas não são emitidas ou emitidas de forma incoerente ao problema.
N4				Identifica e estabelece processos de controle para a seleção de informações relevantes e realiza um planejamento de atividades parcialmente coerentes com as hipóteses emitidas.	
N5				Identifica e estabelece processos de controle para a seleção de informações relevantes e realiza um planejamento de atividades plenamente coerentes com as hipóteses emitidas.	
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as	N1	Não identifica evidências, pois não elaborou hipóteses	

		relacionam para confirmar ou não as hipóteses	N2	Identificação de algumas evidências, mas sem relacionar com a hipótese
			N3	Identificação de algumas evidências e relações com as hipóteses
			N4	Identificação das evidências e relações com as hipóteses de forma parcialmente coerente
			N5	Identificação das evidências e relações com as hipóteses de forma plenamente coerente
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1	Não registra e não analisa
			N2	Registra e analisa aleatoriamente
			N3	Registra e analisa parcialmente
			N4	Registra e analisa coerentemente
			N5	Registra e analisa coerentemente e extrapola as hipóteses elaboradas inicialmente
	Conclusão	Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1
N2				Explicam, mas não estabelecem relações, pois não justificam as respostas de acordo com os conceitos necessários.
N3				Explicam e estabelecem conexão parcial para a resolução do problema, pois utilizam conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representam o problema com fórmulas ou equações.
N4				Explicam e estabelecem conexão coerente, pois utilizam corretamente o conhecimento científico para resolver o problema.
N5				Explicam e estabelecem conexão plenamente coerente, pois utilizam corretamente o conhecimento científico de áreas distintas ou correlatas para resolver o problema.
Comunicação dos resultados		Coordena dados com o problema e hipóteses e	N1	Não coordena nenhum dos elementos da investigação
			N2	Não coordena todos os elementos da investigação

		conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N3	Coordena os dados com o problema para elaboração da conclusão, porém a resolução é não fundamentada, por tentativa.
			N4	Coordena os elementos da investigação com o conhecimento científico adequadamente para elaborar uma conclusão.
			N5	Coordena os elementos da investigação com o conhecimento científico adequadamente para elaborar uma conclusão, sendo capaz de abordar ou generalizar o problema em outros contextos.

Fonte: Adaptado de Zômpero, Laburú e Vilaça (2019) e Fernandes (2022).

Assim, o instrumento foi organizado em três constructos que são a contextualização, investigação e a conclusão, e, seus respectivos domínios. Nestes estão inseridas algumas etapas investigativas descritas nos estudos anteriores como elementos da investigação (ZÔMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019) tais como: problema, hipóteses, planejamento para investigação de confronto de hipóteses, percepção de evidências, registro e análise de dados, conexão entre evidências e conhecimento científico e a comunicação dos resultados.

Com o conjunto de resultados construídos, os dados serão apresentados nos eixos temáticos (DENZIN; LINCOLN; 2006): - Perfil dos estudantes; - Potencialidades da metodologia de Resolução de Problemas com a temática agrotóxicos e o enfoque CTS; - Resoluções e Habilidades Cognitivas desenvolvidas com a RP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

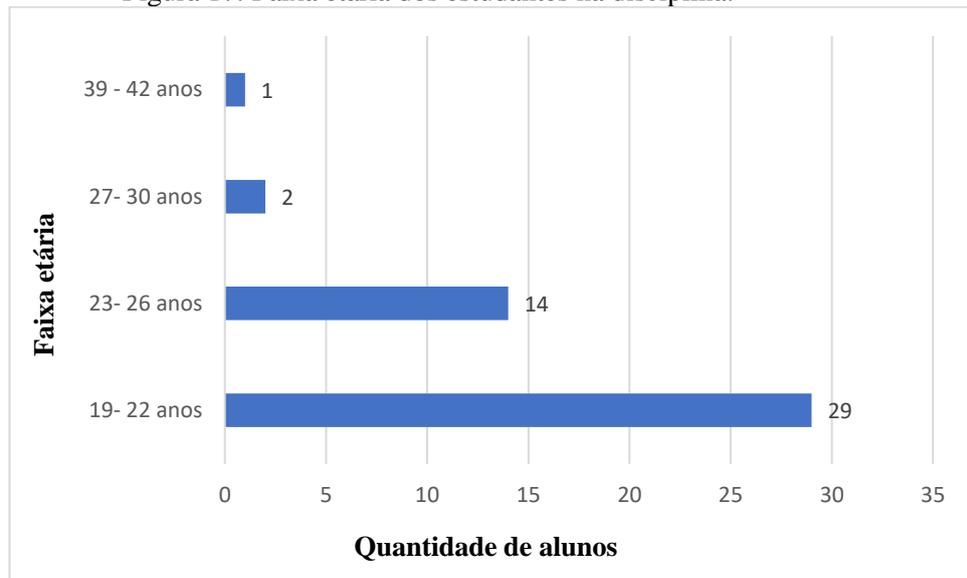
Nesta secção, discute-se os dados produzidos com o Questionário aplicado após a atividade de Resolução dos problemas nos semestres 2020-1, 2020-2 e 2021-1, na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A (QUI01039). Tais semestres coincidiram como o período de ensino remoto emergencial (ERE) nas atividades de ensino da Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFRGS). Ademais, analisam-se os relatórios e vídeos produzidos com as resoluções dos três problemas utilizados nos referidos semestres. Para tal, os dados foram organizados nos eixos temáticos: - Perfil dos estudantes; - Potencialidades da metodologia de Resolução de Problemas com a temática agrotóxicos e o enfoque CTS; - Resoluções e Habilidades Cognitivas desenvolvidas com a RP.

4.1 PERFIL DOS ESTUDANTES

Inicialmente teve-se como objetivo realizar um diagnóstico das percepções dos discentes referentes à metodologia de Resolução dos Problemas associada à temática de agrotóxicos com ênfase em técnicas cromatográficas de análise. Além disso, as questões iniciais estão voltadas para conhecer o perfil dos alunos, como faixa etária, curso, semestre e se já tiveram contato com o uso da Aprendizagem Baseada em Problemas, do inglês, *Problem Based Learning* (PBL), mais especificamente com a metodologia de Resolução de Problemas.

A primeira questão do formulário está relacionada com a faixa de idade dos estudantes (Figura 17). Nela, pode-se observar que a maior parte dos alunos está na faixa etária dos 19 – 22 anos (29 alunos), na sequência dos 23- 26 anos (14 alunos), 27 - 30 anos (2 alunos) e dos 39 – 42 anos (1 aluno). Em suma, pode-se indicar que o maior número de alunos, na faixa etária dos 19 - 22 anos, coincide com estudantes das etapas iniciais dos respectivos cursos de graduação. Esse aspecto era esperado visto que essa disciplina tem indicação de ser cursada em fases iniciais (segundo semestre) dos respectivos cursos abrangidos no plano de ensino da mesma (UFRGS, 2020).

Figura 17: Faixa etária dos estudantes na disciplina.

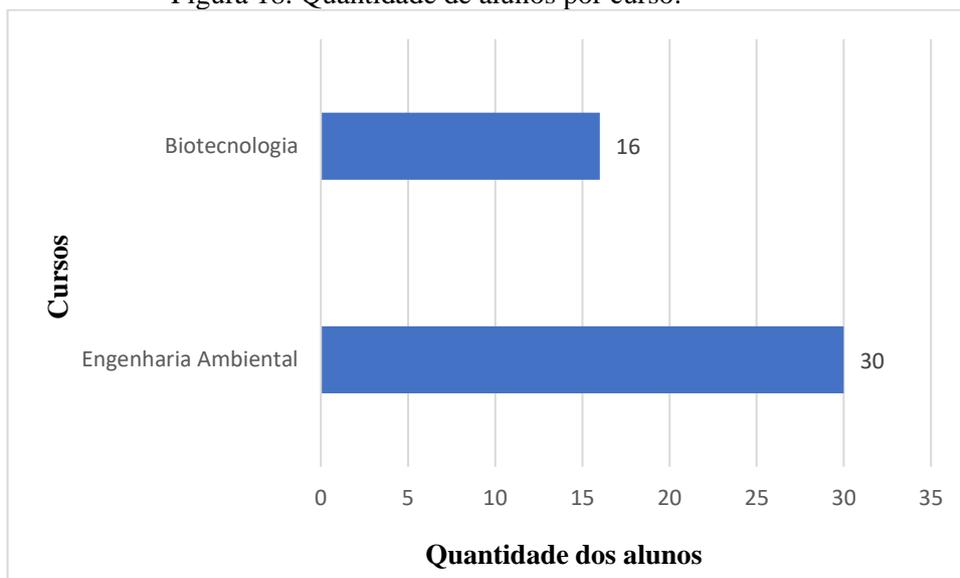


Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário

A segunda questão averiguou em qual curso os alunos estão inseridos (Figura 18). Pode-se observar que 30 destes sujeitos estavam matriculados no curso de Engenharia Ambiental e 16 alunos no curso de Biotecnologia. Neste contexto, salienta-se que os ingressantes do Curso de Biotecnologia podem selecionar em etapas posteriores a ênfase em sua formação em Bioinformática, conforme se observa no Plano de Ensino da disciplina (UFRGS, 2020).

Adicionalmente, nos diferentes semestres de aplicação dos problemas, houve números variáveis de turmas práticas. No semestre 2020-1 houve duas turmas práticas (turmas A e B). Já para os semestres 2020-2 e 2021-1 houve três turmas práticas (turmas A, B e C). Vale ressaltar que as turmas práticas eram “mistas”, ou seja, eram compostas por alunos dos diferentes cursos de graduação anteriormente mencionados.

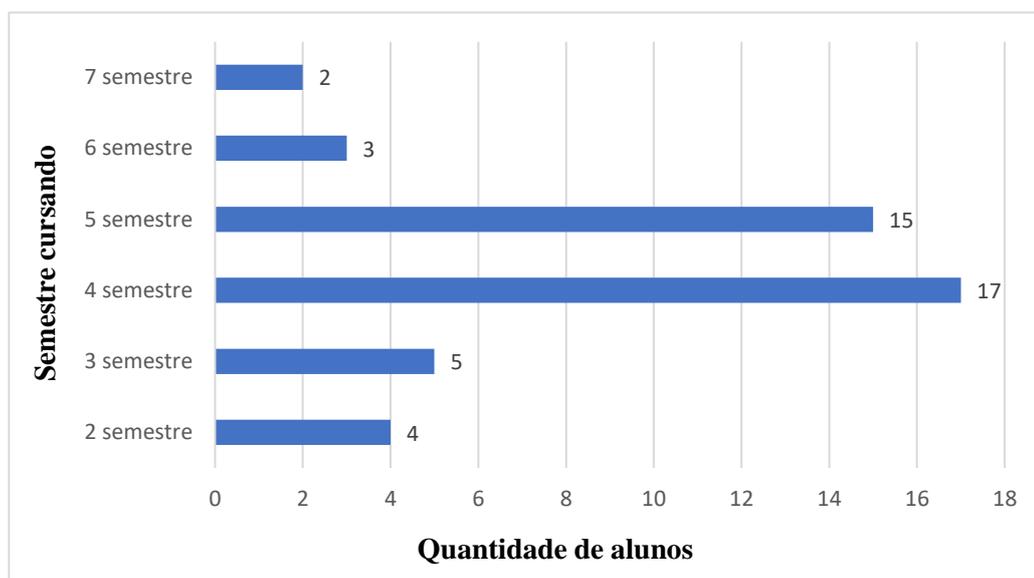
Figura 18: Quantidade de alunos por curso.



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário

De acordo com a Figura 19, observa-se que 17 estudantes estavam no 4º semestre, 15 no 5º semestre, cinco no 3º semestre, quatro no 2º semestre, três no 6º semestre e dois no 7º semestre dos respectivos cursos, no momento em que participaram da disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A (QUI01039). Segundo o plano de ensino da disciplina QUI01039, para o curso de Engenharia Ambiental a disciplina deve ser cursada a partir do 4º semestre, desde que os alunos tenham como pré-requisito a aprovação em (QUI02009) Introdução à Química Orgânica e Espectroscopia para Engenharia Ambiental e (QUI03309) Físico- Química I -B. Para o curso de Biotecnologia e Bioinformática, o pré-requisito é a partir do 2º semestre, desde que tenham aprovação nas disciplinas de (QUI01161) Química Geral Experimental B e (QUI01049) Química Geral Teórica B (UFRGS, 2020).

Figura 19: Semestre letivo do curso em que os estudantes estavam no momento de aplicação da atividade.



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário

Quando foi indagado aos alunos se algum deles estava cursando a disciplina novamente, ou seja, se era repetente na cadeira, observou-se que, dos 46 alunos, oito estavam refazendo a disciplina. A maioria destes estudantes estava repetindo a disciplina pela terceira vez, e outros pela segunda, conforme dados da Tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de alunos repetentes na disciplina durante os semestres avaliados.

Química Analítica Quantitativa e Instrumental – A	
Quantidade de alunos repetentes refazendo a disciplina	8 alunos
Quantidade de alunos aprovados	38 alunos

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário

Na quinta questão, foi perguntado se os discentes tinham algum tipo de formação prévia ou complementar, ou seja, se já haviam cursado um curso técnico ou outra graduação. Observou-se que, sete dos 46 sujeitos tinham formação em cursos técnicos nas áreas de: análise de sistemas (um aluno), técnico em eletrônica (um aluno), técnico em informática (dois alunos), técnico em mecânica (dois alunos), técnico em química e biotecnologia (um aluno). Também, foi inquirido aos alunos sobre a vivência prévia destes em relação à metodologia de RP. Observar-se que das 46 respostas, nove discentes relataram que tiveram contato em outras

disciplinas com essa metodologia (Tabela 4). Destacam-se as disciplinas de: Resistência dos materiais, Biofísica, Metodologia científica, Química teórica e prática, Climatologia ambiental, Ecotecnologia, Atividade orientada I, Projeto de TCC, Gestão ambiental e Introdução à Engenharia Ambiental. Este resultado é promissor quanto à disseminação do uso da metodologia nos cursos de graduação da UFRGS, visto que em estudos anteriores um baixo número de estudantes indicou ter vivenciado metodologia investigativa ao longo da graduação (LIMA *et al.*, 2018).

Tabela 4: Metodologia de Resolução de Problemas vivenciada pelos alunos em outras disciplinas.

Disciplinas	Quantidade	Disciplinas	Quantidade
Atividade orientada I, Projeto de TCC	2	Introdução a engenharia ambiental	1
Biofísica	4	Metodologia científica	2
Climatologia ambiental	2	Química teórica e prática	1
Ecotecnologia	2	Resistência dos materiais	1
Gestão ambiental	1		

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário.

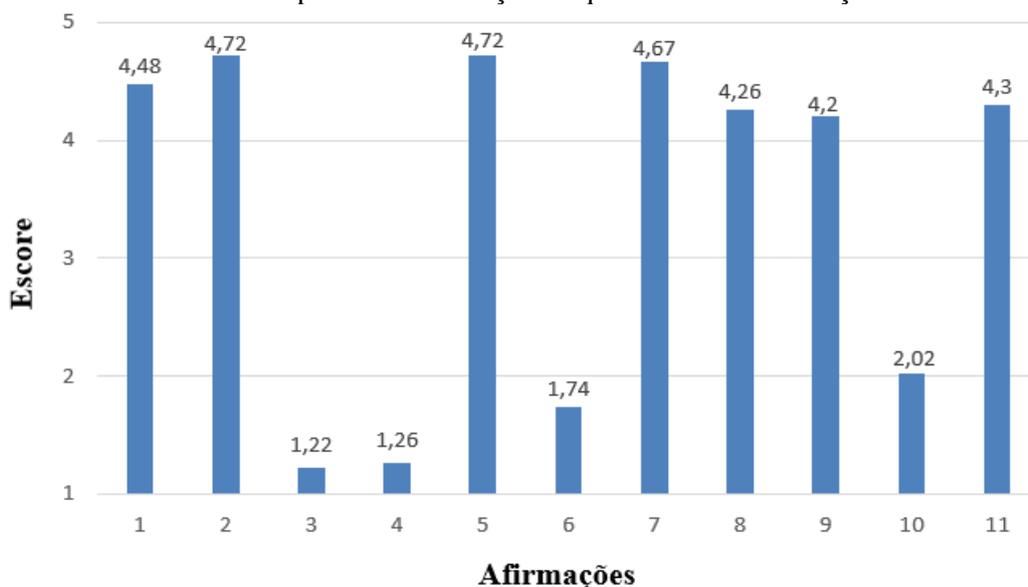
É pertinente salientar que mesmo que o questionário tenha sido aplicado ao final da sequência de aulas da RP, algumas destas informações foram relatadas pela professora da disciplina para que a pesquisadora conhecesse o perfil dos estudantes e as demandas dos referidos cursos de graduação. O mapeamento da turma, como a faixa etária e conhecimento sobre o curso do qual os estudantes eram originários, possibilitou o direcionamento das aulas e dos enunciados ao contexto destes futuros profissionais da Engenharia Ambiental e Biotecnologia.

4.2 POTENCIALIDADES DA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM A TEMÁTICA AGROTÓXICOS E O ENFOQUE CTS

Para análise sobre as formas de contribuição da RP, indicada na Figura 20, utilizou-se os escores médios para cada afirmativa. As afirmações 2, 5 e 7 apresentam os escores mais altos e correspondem à alta concordância dos estudantes quanto à eficácia da metodologia no desenvolvimento de habilidades coletivas em grupo, à conscientização cidadã da temática abordada e ao estabelecimento de correlações da área de química instrumental com outras áreas de conhecimento, respectivamente.

Vale ressaltar que as afirmações 3, 4 e 6 são de sentido inverso, portanto, um escore baixo significa alta concordância. Este resultado reforça a avaliação positiva dos estudantes sobre a adequação do uso da metodologia no ensino superior, ao favorecimento das habilidades frente ao mercado laboral e a correlação da aula teórica com a situação problema trabalhada por cada estudante.

Figura 20: Escores dos estudantes para cada afirmação do questionário de avaliação do método RP.



*Onde, afirmação: 1. É uma metodologia interessante que favorece o desenvolvimento de habilidades e atitudes individuais; 2. É uma metodologia interessante, que favorece o desenvolvimento de habilidades e atitudes coletivas ao fomentar o trabalho em grupos; 3. Não é adequada para ser empregada no ensino superior; 4. Não favorece habilidades valorizadas no mercado laboral; 5. Favorece a conscientização cidadã da temática abordada; 6. Dificulta correlacionar os conteúdos vistos em aulas teóricas com a situação problema proposta e trabalhada por cada estudante; 7. Permite estabelecer correlações da área de química instrumental com demais áreas ou subáreas do conhecimento; 8. O tema pôde ser trabalhado de forma mais holística e atrativa; 9. Demanda mais dedicação individual e coletiva quando comparada às aulas experimentais convencionalmente realizadas na disciplina

QUI0139; 10. O emprego desta metodologia foi adequado apenas para esse semestre de ERE; 11. O emprego desta metodologia foi adequado e deveria ser utilizado no futuro, em semestres regulares presenciais.

Os escores das afirmações 10 e 11 indicam a concordância dos sujeitos da pesquisa quanto ao uso da metodologia tanto para o contexto de ensino remoto emergencial, como para o de ensino presencial. Com os dados analisados, verificou-se que a RP pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades individuais, mas principalmente coletivas, como a de trabalho em grupo, assim como para a tomada de consciência sobre os graves problemas socioambientais que a utilização dos agrotóxicos pode ocasionar e de alternativas para o plantio de milho. Entende-se que estes resultados são convergentes aos relatos da literatura sobre as diferentes formas de contribuição da RP, como o desenvolvimento de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais (RIBEIRO *et al.*, 2018; RIBEIRO, 2021), assim como de habilidades de alta ordem, como o trabalho em equipe, senso crítico e a correlação entre os conceitos teóricos e aplicações relacionados com a temática de técnicas cromatográficas de análise.

Conforme relatos da literatura sobre os cursos de Química e áreas afins (GOMES; STAHL, 2020; SHIMODO, 2021), os currículos dos cursos de graduação apresentam um volume expressivo de conteúdos, que são trabalhados de forma isolada e muitas vezes desatualizada frente à realidade de desenvolvimento tecnológico e científico da área (REBOUÇAS *et al.*, 2005; HOLME, 2019). Além, de não favorecerem a percepção sobre a responsabilidade social dos profissionais quanto às questões ambientais e sociais, visto que há algumas lacunas no que concerne ao conhecimento da legislação, de técnicas e de normas técnicas referentes à produção de insumos, à propriedade intelectual, a assuntos ambientais e também na capacidade de desenvolver autonomia (RAMM, 2014; PASSOS *et al.*, 2018).

Holme (2019) questiona se estamos preparados para um futuro com a automação robótica e o *machine learning*? Insere-se a este questionamento a inteligência artificial. O autor aponta que algumas habilidades humanas são dificilmente reproduzíveis pelas máquinas, como: i) a percepção e manipulação; ii) a inteligência social e iii) a criatividade. De forma geral, tais habilidades estão relacionadas às destrezas manuais, às relações humanas, e à tomada de decisão para a resolução de problemas (HOLME, 2019).

Passos *et al.*, (2018) identificaram que estudantes da 7ª etapa dos cursos de Química da UFRGS apresentaram dificuldades para o trabalho em equipe, proposição de solução para os casos a serem solucionados, assim como pouca persuasão para defenderem suas propostas de

resoluções, além de incipiente conhecimento da legislação alimentícia e contexto industrial. Aspectos que são exigências do meio laboral futuro dos estudantes, pois a sociedade contemporânea necessita de profissionais capazes de superar desafios que vão além das especificidades de uma determinada área acadêmica (REBOUÇAS *et al.*, 2005). Segundo Passos *et al.*, (2018) e Zuin *et al.*, (2021), atualmente os químicos e profissionais de área correlatas precisam de experiências formativas a partir de uma perspectiva investigativa e colaborativa, que permitam uma visão mais holística do seu campo de atuação futuro.

Nesse paradigma buscou-se desenvolver as atividades relatadas nesta dissertação, pois trabalhou-se sobre técnicas de extração/pré-concentração de amostras e técnicas cromatográficas de análise, de forma articulada à temática dos agrotóxicos, mais especificamente da atrazina que é um agrotóxico utilizado amplamente na região para o cultivo do milho. Assim, gerou-se a problematização no que diz respeito ao uso dos agrotóxicos, da legislação nacional, questões socioambientais, econômicas e éticas relacionadas ao universo de possíveis práticas profissionais dos estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Biotecnologia, atendendo assim as demandas apontadas pela literatura da área (GOMES; STAHL, 2020; HOLME, 2019; SHIMODO, 2021).

Como última questão do questionário, que era aberta, os estudantes podiam comentar sobre a atividade de RP (se assim desejassem). Dentre as respostas destacaram-se as contribuições e dificuldades dos discentes e, também sugestões com vistas à futuras aplicações. Uma síntese dos comentários deixados pelos estudantes como resposta a essa questão pode ser vista na Tabela 5.

Tabela 5: Respostas dos estudantes para a questão aberta sobre a Metodologia de RP.

	Quantidade de vezes citadas
Contribuições	5
Dificuldades	2
Sugestões	2

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados no formulário.

Das nove respostas citadas na questão, cinco comentavam sobre as contribuições, como o auxílio das professoras para com o grupo, o aprendizado de forma ativa, contextualizada e holística, a proposta de atividade vista de forma proveitosa e como a metodologia favoreceu a autonomia da pesquisa. Nas dificuldades foi relatado que se fosse aplicada presencialmente

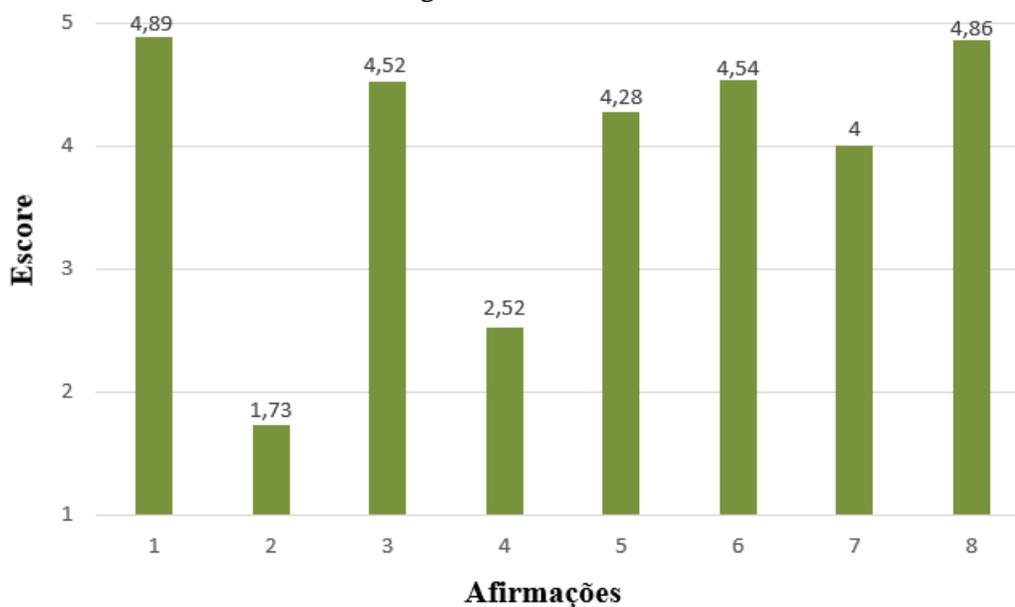
poderia ser de maior proveito se realizada na prática. Também foi relatado que, na percepção de algum(ns) estudante(s), a metodologia abordada foi mais difícil pelo fato de não terem experiência no laboratório. Nas sugestões, foi recomendado ajustar os prazos com a opção de escolha entre relatório final ou vídeo, visto que alguns acharam ser uma demanda considerável produzir as duas entregas para o problema. Destaca-se que a escolha pela produção do vídeo foi pensada para contemplar o perfil de atividades para o período de ERE, assim como para diversificar as possibilidades de apresentação para as resoluções dos problemas. Nesta última questão obteve-se um número reduzido de respondentes, pois era uma questão de participação voluntária.

A pesquisa se deu na forma remota por conta das medidas de restrição do período da pandemia imposto pelo SARS-CoV-2, o que gerou a necessidade de adaptação das atividades práticas o que pode ter gerado estranheza por parte dos estudantes, como comentado por eles nos apontamentos apresentados acima. Entretanto, a metodologia de RP apresenta certo grau de dificuldade em sua natureza epistêmica, visto que um problema é uma situação na qual não se tem um procedimento pronto para solucioná-lo (POZO, 1998). Justamente esta característica é o que diferencia um problema de um exercício, visto que não há um modelo único de resolução e nem uma resposta padrão para um problema, como no caso dos exercícios. Se os estudantes identificaram e apontaram obstáculos que impediram a resolução imediata do enunciado, algo que foi contornado ao longo do processo de resolução por meio do aporte e orientação das professoras pesquisadoras e atuação dos estudantes de forma responsável e participativa pode-se considerar que os enunciados utilizados na pesquisa eram problemas de fato e não exercícios, o que representa êxito na implementação do método. Os enunciados foram elaborados segundo as características de um problema eficaz (RIBEIRO; PASSO; SALGADO, 2020), com o propósito de contextualizar, motivar, gerar reflexão crítica e investigação, mas não se pode desconsiderar o fator idiossincrático da metodologia de RP, pois nem sempre um problema elaborado por um professor é visto como um problema pelos estudantes (POZO, 1998).

Desta forma, a partir dos apontamentos dos estudantes e apontamentos do Diário de Campo das pesquisadoras, compreende-se que os enunciados são problemas eficazes e pertencem ao nível de exigência P₃, descrito no referencial de Shepardson e Pizzini (1991), já que estes demandaram dos alunos a utilização de dados para propor hipóteses, fazer inferências e avaliar as condições para poderem generalizar uma resolução fundamentada em conceitos científicos, como apresenta-se na sequência deste trabalho.

Em relação a avaliação dos estudantes sobre os agrotóxicos, as afirmativas foram analisadas por meio da escala Likert, como consta na Figura 21, a seguir.

Figura 21: Escores dos estudantes para cada afirmação do questionário de avaliação sobre Agrotóxicos.



*Onde, afirmação: 1. Favorece a perda da biodiversidade e o desequilíbrio ambiental além de representar um risco à saúde pública; 2. Infelizmente não há alternativa ao seu uso que seja viável economicamente; 3. Há alternativa(s) ao seu uso do ponto de vista ambiental/ecológico, econômico e social; 4. Algumas alternativas ao uso de agrotóxicos poderiam ser inviabilizadas, pois demandariam a contratação de mais trabalhadores e reduzir a competitividade do agronegócio; 5. Algumas alternativas ao uso de agrotóxicos poderiam favorecer a contratação de mais trabalhadores, contribuindo para reduzir o êxodo rural e favorecendo a preservação ambiental e cultural em muitas localidades; 6. Eu me preocupo com a quantidade de agrotóxicos que ingiro nas frutas, verduras, hortaliças e água que bebo; 7. Eu me preocupo com a quantidade de agrotóxicos que ingiro nos alimentos processados tais como: farinhas, café, chá(s), etc; 8. Esse trabalho ampliou meu conhecimento sobre esse tema.

Com os escores da Figura 21, reforça-se a compreensão de que a vivência da metodologia de RP contribuiu para a aprendizagem sobre os impactos individuais e coletivos dos agrotóxicos. Individuais, pois com os escores das afirmativas 6, 7 e 8 indicam conhecimento sobre a potencial contaminação que pode ocorrer com a ingestão de alimentos *in natura* e industrializados. Nas afirmativas 1, 3 e 5 os estudantes demonstraram concordância sobre os impactos dos agrotóxicos ao coletivo, do ponto de vista de saúde pública, dos impactos econômicos, ambientais e sociais da delimitação do campo de trabalho dos produtores rurais com o uso dos agrotóxicos. Além disso, os baixos escores para as questões 2 e 4 indicam que os estudantes tomaram consciência sobre a inter-relação das questões culturais, ambientais e

econômicas quanto ao não favorecimento de plantios alternativos ao uso dos agrotóxicos, em especial no que diz respeito ao plantio do milho.

Desta forma, o processo de ensino e aprendizagem desenvolvido com a RP aliado ao enfoque CTS possibilitou discussões entre os saberes científicos, tecnológicos e socioambientais de forma profícua. Com os conceitos-chave da perspectiva CTS foi possível um aprofundamento conceitual sobre técnicas de extração/pré-concentração de diferentes amostras (água solo e milho) e técnicas cromatográficas de análise, além da problematização no que diz respeito ao uso dos agrotóxicos.

Conforme Santos e Mortimer (2002), um dos objetivos do CTS está em desenvolver habilidades e valores necessários para tomada de decisões sobre ciência e tecnologia na sociedade. Esses valores estão vinculados aos interesses coletivos, como solidariedade, fraternidade, reciprocidade, consciência do compromisso social, de respeito ao próximo e de generosidade. Especificamente tais valores estão relacionados às necessidades humanas, significando um questionamento à ordem capitalista, no qual os valores econômicos se impõem a/sobre todos os demais (MARQUES, 2018).

Por meio de discussões desta natureza é que poderemos contribuir na formação de cidadãos comprometidos com a sociedade e com o bem-estar social. Por exemplo, no nosso dia a dia lida-se com a preocupação em relação ao uso de agrotóxicos, sendo eles ingeridos em frutas, verduras, na água, ou aqueles consumidos em produtos industrializados como farinha e café. Essa aflição pode gerar a uma tomada de decisão, visando os efeitos que serão causados à saúde humana, ao meio ambiente, as questões éticas entorno da sua produção e comercialização, além do seu valor econômico.

Todavia o cidadão não tem acesso, muitas vezes, à algumas dessas informações, como a quantidade de agrotóxico utilizada em cada cultura, o grau de toxicidade ou as contaminações decorrentes na água, no solo e no ar causados pelo seu uso indevido, provocados por uma indústria que visa os lucros, ou seja, produtividade em larga escala, sem atentar-se aos seus malefícios ocasionados em pequena, média e grandes proporções (MARQUES, 2018). Assim o consumidor não consegue fazer uma tomada de decisão que vise toda a comunidade e acaba sendo guiado pela aparência dos produtos e notícias divulgadas nas grandes mídias que muitas vezes não possibilitam aos consumidores dar-se conta das relações de causa e efeito que “retro-alimentam” o mercado capitalista (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Neste sentido, o enfoque CTS associado à metodologia de RP favoreceu o desenvolvimento de uma proposta de ensino e aprendizagem em Química Analítica convergente aos apontamentos das pesquisas contemporâneas, como as de Valcárcel *et al.*, (2013) e Wenzel *et al.*, (2022a). Compreende-se que tal objetivo foi contemplado, visto que a metodologia possibilitou o trabalho de questões éticas, ambientais, econômicas e sociais, pois os estudantes que participaram da pesquisa puderam conhecer a aplicação da ciência analítica em muitos aspectos de nossas vidas, além de refletirem sobre como estes estão inter-relacionados com o uso dos agrotóxicos no contexto do plantio de milho. Além, dos problemas apresentarem temática direcionada às áreas de atuação dos profissionais da Biotecnologia e Engenharia Ambiental, como Schaumlöffel e Donais (2001) apontam como necessidade formativa, a correlação dos conhecimentos da Química Analítica com seus desafios futuros nos momentos de tomada de decisão em situações de prática profissional.

4.3 RESOLUÇÕES E HABILIDADES COGNITIVAS DESENVOLVIDAS COM A RP

Com a análise dos registros do Diário de Campo das professoras pesquisadoras, relatórios e vídeos (10 - 15 minutos) produzidos pelos estudantes, organizou-se esta subseção dos resultados conforme as resoluções de cada problema, coincidente a sua dada matriz (água superficial, solo ou milho). Pautou-se esta etapa da análise nas resoluções e explicações dos estudantes sobre a técnica de extração/pré-concentração selecionada no preparo da amostra e a técnica cromatográfica que seria utilizada para identificar e quantificar o analito. Inicialmente apresenta-se as principais resoluções propostas por cada grupo e na sequência foram identificados os níveis de habilidades cognitivas identificadas em tais produções e ao longo das etapas de desenvolvimento da metodologia de RP, conforme adequação, nível de clareza e aprofundamento conceitual das resoluções.

4.3.1 Problema I

Para o problema I, sobre a matriz água superficial, os sete grupos 1 que ficaram responsáveis por esse problema, utilizaram seis combinações diferentes entre técnicas de preparo de amostra e de identificação e quantificação, como é apresentado a seguir com as escolhas das técnicas indicadas pelas turmas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1 na Tabela 6.

Tabela 6: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1, referente a matriz água superficial, do Problema I.

Grupo 1	Técnica de preparo de amostra	Técnica cromatográfica e detector
Água superficial		
Turma A 2020-1	LLE (extração líquido, líquido)	GC-MS (cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas)
Turma B 2020-1	DLLME (microextração líquido-líquido dispersiva)	GC-MS
Turma A 2020-2	LLE	GC-MS
Turma B 2020-2	SPE (extração em fase sólida)	HPLC-DAD (cromatografia a líquido com detector de arranjo de fotodiodos)
Turma A 2021-1	SPE com discos	GC-NPD (cromatografia a gás com detector de nitrogênio-fósforo)
Turma B 2021-1	SPE	HPLC-DAD
Turma C 2021-1	SPE	GC-ECD

		(cromatografia a gás com detector de captura de elétrons)
--	--	---

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Os estudantes que tiveram que buscar a solução para o problema I, em que a matriz era água superficial, em sua maioria optaram pela seleção da extração em fase sólida (SPE) e sua variação (SPE em discos) como etapa inicial do procedimento analítico. A SPE é uma técnica na qual os analitos contidos na matriz aquosa são retidos após passarem por um cartucho contendo sorvente e, posteriormente, um solvente orgânico é utilizado para eluir os analitos (CALDAS *et al.*, 2011). Jardim (2010) ressalta que a SPE foi introduzida na década de 70 para suprir as desvantagens apresentadas pela extração líquido-líquido (LLE). Dentre tais desvantagens podemos citar: o elevado gasto de solventes, toxicidade/periculosidade ao analista, formação de emulsões, baixa frequência analítica, produção de quantidades grandes de resíduos, baixa reprodutibilidade, dentre outros. Assim, a SPE se converteu em uma técnica de rotina que apresenta um amplo campo de aplicações em diferentes áreas. Segundo a autora:

As vantagens apresentadas pela SPE em comparação com a LLE clássica são menor consumo de solvente orgânico, não formação de emulsões, facilidade de automação, altas porcentagens de recuperação do analito, volumes reduzidos de resíduos tóxicos, capacidade de aumentar seletivamente a concentração do analito e disponibilidade comercial de muitos equipamentos e sorventes para SPE. A SPE apresenta como desvantagens o tempo elevado de análise, os altos custos dos cartuchos e dos dispositivos comerciais multivias (*manifolds*) e, eventualmente, a dificuldade em selecionar o sorvente adequado para a aplicação desejada. Além disso, os cartuchos são utilizados uma única vez e, geralmente, há baixa reprodutibilidade de lote para lote de cartucho (JARDIM, 2010, p. 14-15).

A seguir, dois grupos optaram por propor o uso da técnica de LLE que tem como objetivo extrair o analito da fase aquosa por meio do uso de um solvente imiscível em água (SKOOG *et al.*, 2005). Conforme mencionado anteriormente, a ampla lista de desvantagens associadas a LLE a torna menos atrativa, embora a principal vantagem da LLE possa residir no fato de ser “executável” em laboratórios com pouca infraestrutura.

Por sua vez, apenas o grupo 1 da turma B (2020-1) selecionou uma técnica miniaturizada de preparo de amostra. De acordo com Filippou e colaboradores (2017), a preparação da amostra deve ser considerada a etapa mais desafiadora do procedimento analítico, pois afeta toda a metodologia analítica, portanto contribui significativamente para tornar o processo de

análise mais ou menos “verde”. Assim, diferentes quesitos podem ser os pilares para a adoção de métodos ambientalmente mais amistosos, tais como: a redução da quantidade da amostra, fortes reduções no consumo de reagentes perigosos e energia, maximizar a segurança dos operadores e do meio ambiente, evitando o uso de grandes quantidades de solventes orgânicos. Ainda segundo os autores, na última década, o desenvolvimento e a utilização de técnicas miniaturizadas mais ecológicas e sustentáveis são uma alternativa aos procedimentos clássicos de preparação de amostras. As técnicas miniaturizadas também apresentam como vantagem a facilidade de automação ou de permitir desenvolver procedimentos semi-automatizados (CARASEK *et al.*, 2018).

Assim, nesse contexto, os estudantes do grupo 1 da turma B (2020-1) selecionaram a técnica de microextração líquido-líquido dispersiva (DLLME) que consiste em uma técnica normalmente realizada em duas etapas:

A primeira etapa consiste na injeção de uma mistura adequada dos solventes extrator e dispersor na amostra aquosa contendo os analitos. Nesta etapa, o solvente extrator e dispersor na fase aquosa em gotas muito finas extraindo os analitos. Esta dispersão do solvente extrator é favorecida pelo solvente dispersor, que deve ser solúvel na amostra aquosa e na fase orgânica. Devido à grande área superficial entre o solvente extrator e a amostra aquosa, o equilíbrio é atingido rapidamente e a extração é independente do tempo, sendo esta a principal vantagem deste método. A segunda etapa é a centrifugação da solução turva e a transferência da fase sedimentada para um frasco (microvial) que permitirá a determinação dos analitos. (MARTINS *et al.*, 2012, p. 36-37).

Adicionalmente, de acordo com Wang e colaboradores (2019), a DLLME e suas variações precisam ser aprimoradas em relação ao uso de solventes extratores menos tóxicos; a busca por modos de dispersão inovadores tais como vórtex, ultrassom, dentre outras estratégias, permitirá ampliar ainda mais o uso dessa técnica no preparo de amostras. O uso da DLLME de forma combinada/associada a outras técnicas de extração permite minimizar ou anular as desvantagens inerentes da DLLME e, finalmente, o emprego da DLLME associada a diferentes sistemas instrumentais providos com diferentes detectores também permitirá ampliar a empregabilidade dessa técnica de extração.

Uma busca na plataforma Scopus empregando como palavras-chave “*surface water*” AND “*atrazine*” associada aos termos relacionados com as diferentes técnicas de preparo de amostra selecionadas pelos alunos, ou seja, “*Liquid Liquid Extraction*” ou “*Dispersive Liquid Liquid Microextraction*” ou “*Solid Phase Extraction*”, resultou nos dados apresentados na Tabela 7. Tais resultados convergem com as análises indicadas por diferentes autores citados

nessa subseção, dado que evidenciam o amplo uso da SPE em detrimento das demais técnicas de preparo de amostras aquosas que contém atrazina.

Tabela 7: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de águas superficial que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“surface water” AND “atrazine” AND “Liquid Liquid Extraction”	16	1991-2017
“surface water” AND “atrazine” AND “Dispersive Liquid Liquid Microextraction”	5	2015-2019
“surface water” AND “atrazine” AND “Solid Phase Extraction”	164	1986-2023

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

Para a análise cromatográfica sequencial, a maioria dos grupos optou pela seleção de cromatografia a gás, sendo mais frequente a escolha de um sistema empregando o espectrômetro de massas do tipo quadrupolo (GC-MS) como analisador. Também foram selecionados detectores de ECD; viável de ser empregado uma vez que a atrazina apresenta um cloro em sua molécula e o detector termoiônico ou detector de nitrogênio-fósforo; também possível de ser empregado pela presença de Nitrogênio na estrutura química da atrazina. Dois grupos fizeram a seleção de realizar a análise instrumental em um cromatógrafo a líquido equipado com um analisador de arranjo de fotodiodos (DAD) como etapa instrumental, após realizar o preparo de amostra por SPE. Segundo Caldas e colaboradores (2011):

O detector DAD possui alta resolução espectral e em adição a informações qualitativas, a qualidade da análise é aumentada, permitindo checar a identidade do composto e a pureza do pico. Assim, dados espectrais para cada pico cromatográfico podem ser coletados e armazenados à medida que os compostos eluem da coluna, fornecendo informações adicionais para confirmar a identidade do pico... O detector por arranjo de diodos é bastante usado para análises de agrotóxicos, devido a sua versatilidade, alta seletividade e resolução espectral dos compostos (CALDAS *et al.*, 2011, p. 1611).

É importante reforçar que a etapa de preparo de amostra e a seleção da técnica de extração/pré-concentração tem um papel fundamental dentro do protocolo de análise, já que em muitos casos pode condicionar a etapa posterior no sentido de limitar/favorecer o uso de uma ou outra técnica cromatográfica. Por exemplo, no caso dos grupos onde a LLE ou DLLME

foram selecionadas, como ambas as técnicas empregam maiores ou menores quantidades de solvente imiscível em água, a conjugação com a análise mediante cromatografia a gás empregando colunas capilares mais “convencionais” (100% polidimetilsiloxano (PDMS), 95% PDMS-5% fenil, dentre outras) pode ser facilitada para essas situações.

Por outro lado, a SPE apresenta como uma das grandes vantagens, a possibilidade de viabilizar análises posteriores tanto em cromatógrafos a gás como em cromatógrafos a líquido. No caso da SPE, o solvente no qual o(s) analito(s) serão eluídos é o fator determinante para a escolha de um ou outro sistema cromatográfico de análise. Evidentemente que as características físicas e químicas do analito a ser extraído/pré-concentrado são condições prioritárias que influenciam a escolha do método de preparo e análise, porém esse não é o caso da atrazina uma vez que esse analito pode ser identificado e quantificado tanto por cromatografia a líquido como por cromatografia a gás.

Da mesma forma que realizado para as técnicas de preparo selecionadas pelos alunos, uma busca na plataforma Scopus foi realizada para as técnicas instrumentais selecionadas pelos grupos para viabilizar a análise qualitativa e quantitativa da atrazina em água superficial. Os resultados são apresentados na Tabela 8 e indicam que muito embora a maioria das publicações se concentre no uso da técnica de cromatografia a líquido (206), os estudantes deram preferência pela escolha da técnica de cromatografia a gás e, em especial, com o uso de analisador de massa do tipo quadrupolo, possivelmente por esse sistema instrumental se apresentar como técnica consolidada em rotinas laboratoriais que não demanda de especialista extremamente qualificados e, também, representar uma técnica de médio custo de manutenção, em especial quando comparada com outros analisadores de massas (MS/MS ou triplo quadrupolo; QTOF, Orbitrap, etc.).

Tabela 8: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de águas superficiais que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“surface water” AND “atrazine” AND “Gas Chromatography”	135	1975-2022
“surface water” AND “atrazine” AND “GC-MS”	58	1991-2022
“surface water” AND “atrazine” AND “GC-ECD”	6	1996-2019

“surface water” AND “atrazine” AND “GC-NPD” OR “GC-termoionic detector”	8	1998-2016
“surface water” AND “atrazine” AND “Liquid Chromatography”	206	1980-2023
“surface water” AND “atrazine” AND “HPLC-DAD” OR “UPLC-DAD”	12	2004-2021

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

Com a análise dos níveis de habilidades cognitivas mobilizadas nas etapas investigativas dos semestres, foi possível construir a Tabela 9, a seguir.

Tabela 9: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema I, grupo 1 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.

Etapa investigativa		Níveis	Resolução Problema I - Grupo 1 de todas as turmas							
			Turma A 2020/1	Turma B 2020/1	Turma A 2020/2	Turma B 2020/2	Turma A 2021/1	Turma B 2021/1	Turma C 2021/1	
Constructo/ Domínio	Descrição	Nível								
Contextualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1							
			N2							
			N3	X	X		X			X
			N4			X		X		
			N5						X	
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1							
			N2							
			N3	X	X					X
			N4			X	X	X		
			N5						X	
Investigação	Planejamento para investigação / Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1							
			N2							
			N3	X	X					X
			N4			X	X	X		
			N5						X	
		Identificam evidências e	N1							

	Percepção de evidências	as relacionam para confirmar ou não as hipóteses	N2							
			N3	X	X	X	X			X
			N4					X		
			N5						X	
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1							
			N2							
			N3	X	X	X	X			X
			N4					X		
			N5						X	
	Conclusão	Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1						
N2										
N3				X	X	X	X			X
N4								X		
N5									X	
Comunicação dos resultados		Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1							
			N2							
			N3	X	X	X	X			X
			N4					X		
			N5						X	

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Através da análise das habilidades cognitivas mobilizadas durante a resolução do Problema I, resolvido pelo grupo 1 de todas as turmas dos semestres 2020-1, 2020-2 e 2021-1, percebeu-se que em relação ao constructo da **contextualização** todos os grupos das sete turmas conseguiram identificar os elementos constituintes do problema. Alguns grupos com mais dificuldades no aspecto da explicação da técnica de extração/pré-concentração e a técnica cromatográfica na amostra de água superficial, atingindo o nível N3, considerado de baixa ordem de habilidade cognitiva. Com o decorrer das consultorias e entrega dos relatórios parciais foi possível orientar os grupos no sentido de aperfeiçoar as propostas de resolução, com alguns esclarecimentos sobre os elementos constituintes do problema. Desta forma, contribuiu-se para a compreensão sobre a atividade e para melhorar a qualidade conceitual dos argumentos

utilizados pelos estudantes, atingindo um nível N5, de ordem de habilidade cognitiva alta, como no caso do grupo 1 da turma B, do semestre de 2021-1. Esse grupo, além de explicitar as técnicas, conseguiu sintetizar e apresentar os Limites Máximos de Resíduos (LMR's), as diferenças entre a acepção dos termos pesticidas, defensivos agrícolas e agrotóxicos, além de buscar alternativas para o sistema de monocultura. Referente ainda a **contextualização**, alguns grupos criaram hipóteses para resolução do problema, atingindo habilidades cognitivas de alta ordem (nível N4) como os grupos 1 da Turma A de 2020-2 e 2021-1, através de pesquisa bibliográfica em plataformas de produções científicas ou em sites de revistas científicas e vídeos das técnicas para um melhor embasamento. Outros grupos, porém, não conseguiram progredir, pois as pesquisas bibliográficas acabaram não correspondendo o que o problema solicitava e principalmente pelo grupo ter apresentado apenas uma hipótese não direcionada ao problema, o que se verifica como sendo de habilidade cognitiva de baixa ordem, correspondente ao nível N3.

No constructo da **investigação** observou-se que todos os grupos 1 das sete turmas conseguiram identificar e estabelecer critérios para a seleção de informações e elaboração dos planejamentos de atividades para a investigação. Os grupos das turmas do semestre 2020-1 e o grupo da turma C do semestre 2021-1 receberam o nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, por não proporem planejamentos plenamente coerentes, pois as hipóteses levantadas foram frágeis, o que acarretou num planejamento que não possibilitou confronto de ideias. Por exemplo, o grupo 1 da turma C, de 2021-1, não realizou as correções solicitadas no relatório parcial I e não entregou o relatório parcial II, dessa forma seu relatório final ficou incompleto em alguns aspectos conceituais pois não explicou sobre a técnica de extração, apenas citou qual era “*A técnica de extração/pré concentração escolhida para o preparo da amostra de atrazina foi a Extração em Fase Sólida (SPE)*”. As demais turmas do 2020-2 e a turma A de 2021-1 conseguiram nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois elaboraram planejamentos coerentes com as hipóteses criadas. Já a turma B, de 2021-1, atingiu nível N5 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois elaborou planejamento, participou efetivamente das orientações e ainda tiraram suas dúvidas sobre o confronto entre as hipóteses sugeridas, ou seja, defiram a técnica de extração coerente para a amostra da água superficial detalhando os procedimentos da técnica, além de também selecionar uma técnica cromatográfica compatível com o preparo de amostra e com capacidade de identificar e quantificar o analito de interesse. Além disso, durante as aulas de consultorias I e II, eles presenciaram as explicações, esclareceram dúvidas e fizeram anotações sobre a etapa de validação do método o que contribuiu para o nível elevado,

visto o confronto de ideais e planejamento plenamente coerente com as hipóteses emitidas. Ainda dentro do constructo da investigação, com relação à percepção de evidências e registro e análise de dados as turmas A, B, e C de 2020-1, 2020-2 e 2021-1 obtiveram nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, devido a uma identificação de evidências relacionadas à hipótese e registro e análise parcial da solução proposta. Para ilustrar essa situação, na turma A de 2020-1 tal nível foi atribuído dado que os estudantes em sua resolução não explicitaram qual seria o sistema de injeção empregado na cromatografia a gás, ou seja, os estudantes não definiram se utilizariam o sistema *split* ou *splitless*, justificando essa escolha com base nas vantagens e desvantagens de cada modo de inserção da amostra e tampouco detalharam qual a fase estacionária da coluna capilar seria empregada. Como o trecho a seguir retirado do relatório: “*Foi empregado o sistema constituído por um cromatógrafo a gás equipado com injetor split/splitless.*”

Já em 2021-1 a turma A teve um nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva pois identificou e registrou corretamente, porém faltou alguns detalhes, de como funciona o detector de NPD, e o LMR que é diferente para cada tipo de cultura, sendo para água potável determinado pela Portaria do Ministério da Saúde e não pela Resolução CONAMA como identificado no relatório da turma a seguir:

“Um dos órgãos responsáveis pelo limite de agrotóxicos na amostra superficial no Brasil é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece padrões de qualidade das águas brasileiras fixando limites máximos de contaminação individuais para algumas substâncias em cada classe.”

Já a turma B obteve um nível N5 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois atendeu a todas essas demandas e extrapolou as hipóteses elaboradas. Como pode-se verificar com a busca complementar realizada em relação à indicação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) pelo CONAMA:

“Além disso, há também a classificação de Valores Máximos Permitidos (VMP) de resíduos de agrotóxicos em água. De acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA Nº357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 357, de 15 de junho de 2005), o valor máximo permitido de atrazina em corpos d’água superficiais é de 2 µg/L.”

No último constructo, a **conclusão**, verificou-se que os grupos 1 das turmas de 2020-1 e 2020-2 tiveram nível N3, ou seja, conseguiram explicar a resolução do problema utilizando conceitos ou evidências científicas pontualmente, demonstrando habilidades cognitivas de

baixa ordem. O grupo 1 da turma B, do semestre 2021-1 alcançou o nível N5, pois utilizou corretamente o conhecimento científico para resolver o problema, mobilizando assim habilidades cognitivas de alta ordem, pois eles estabeleceram conexão plenamente coerente quando trouxeram à tona alguns aspectos específicos de como fariam a extração da amostra para detectar a atrazina presente na água superficial como:

“Primeiramente é realizada a filtragem da amostra com o filtro de membrana para eliminar partículas em suspensão. O pH das amostras é medido e mantido constante. Um volume de 250mL da amostra é transferido para um balão volumétrico. Em seguida as amostras são submetidas à SPE, a temperatura ambiente. Para a SPE, inicialmente é realizado o condicionamento do cartucho, com a passagem do solvente acetonitrila para a ativação dos sítios e eliminação de impurezas. Depois a amostra é percolada e os interferentes sofrem eluição. Esse procedimento é seguido por uma lavagem para remover os interferentes, e então é feita a eluição com os analitos.”

Isso favoreceu a compreensão de que o grupo se apropriou do conhecimento científico de forma coesa e estabelecendo conexões entre tais. No que tange a comunicação os grupos 1 das duas turmas A, B e C de 2020-1 e 2020-2 coordenaram parcialmente os resultados para uma conclusão coesa, ou seja, devido a terem elaborado só uma hipótese, e até mesmo por falta de planejamento das atividades e das anotações durante as aulas práticas, obtiveram nível N3, que representa habilidades cognitivas de baixa ordem. O grupo 1 da turma A de 2021-1 obteve nível N4, pois coordenaram os resultados corretamente, porém faltou relacionar melhor as técnicas de extração e análise cromatográfica. Já o grupo 1 da turma B de 2021-1, conseguiu comunicar corretamente o que o problema pedia e relacionou com o contexto social, econômico e político do nosso país tendo nível N5 que é habilidade cognitiva de alta ordem. Por exemplo, eles sugeriram a agroecologia como alternativa à monocultura, destacando que a mesma:

“busca equilíbrio com a natureza pois leva em consideração diferentes fatores para o cultivo. Um ponto positivo da agroecologia é que por causada demanda crescente hoje em dia por produtos alimentícios sem agrotóxicos, os alimentos orgânicos possuem um valor mais alto no mercado. Dessa forma, esse meio contribui para um pagamento justo pelo trabalho do agricultor, beneficiando principalmente os pequenos agricultores já que são estes os que estão em maior contato com o consumidor fina Ademais, a escolha de um sistema como o de agroecologia é de extrema relevância quando consideramos os aspectos sociais atrelados a esse sistema, pois como já dito ele favorece os agricultores e assim contribui para a melhora da qualidade de vida da população como um todo, fazendo com que essas pessoas tenham melhor acesso a aspectos essenciais como educação e saúde, por exemplo. Ainda, pensando culturalmente isso contribui para a manutenção da identidade cultural da população onde o sistema é implantado uma vez que cada comunidade carrega consigo maneiras de cultivo distintas que podem ter sido passadas ao longo das gerações e dessa forma, podem ser preservadas.”

Nota-se que essa turma, conseguiu coordenar os elementos da investigação e generalizar o problema em outros contextos, ao diferenciar os termos agrotóxicos, defensivos agrícolas e veneno adequadamente, como:

“Agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para matar insetos, larvas, fungos, carrapatos sob a justificativa de controlar as doenças provocadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano. Veneno “Substância tóxica, natural ou preparada, capaz de alterar ou destruir as funções vitais de um organismo” e defensivo agrícola “são produtos químicos, físicos ou biológicos usados no controle de seres vivos considerados nocivos ao homem, sua criação e suas plantações.”

4.3.2 Problema II

No problema II houve seis grupos 2 que ficaram responsáveis sobre o estudo da atrazina na matriz solo. Esses grupos utilizaram quatro combinações diferentes entre as técnicas de preparo de amostra e de análise instrumental subsequente, conforme consta na Tabela 10.

Tabela 10: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1, referente à matriz solo do Problema II.

Grupo 2	Técnica de preparo de amostra	Técnica cromatográfica e detector
Solo		
Turma A 2020/1	Ultrassom	GC-ECD
Turma B 2020/1	Ultrassom	GC-MS
Turma B 2020/2	SPE	GC-MS
Turma C 2020/2	QuEChERS	GC-ECD
Turma A 2021/1	Ultrassom	GC-MS

Turma B 2021/1	Ultrassom	GC-ECD
-------------------	-----------	--------

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

No primeiro semestre de 2020, os estudantes dos grupos 2 das turmas A e B de 2020-1 e 2021-1 selecionaram a técnica de extração baseada em extração assistida por ultrassom para viabilizar a extração do analito atrazina da matriz de solo.

Ultrassom são ondas mecânicas com frequências superiores a 20 kHz, e, portanto, não audíveis por humanos. Estas ondas mecânicas se propagam através de meios materiais em sucessivos ciclos de compressão e rarefação (KRUG; ROCHA, 2016). Segundo os autores:

Essas ondas criam uma única vibração, gerando o aumento da pressão do líquido e criando o que chamamos de cavitação. Esse fenômeno é caracterizado pela formação de cavidades, para as quais os gases dissolvidos no líquido migram gerando microbolhas, que durante a sonicação expandem e comprimem seu volume causando aumento de pressão e liberação de calor ao implodirem (KRUG; ROCHA, 2016, p. 189).

No caso de sistemas sólido-líquido; caso da extração em matriz solo e também milho, a qual será detalhada na seguinte subseção; essa técnica de extração se torna atrativa uma vez que favorece o crescimento e implosão de bolhas de cavitação. Tal fenômeno leva a formação de micro jatos com energia suficiente para causar fragmentação das partículas do sólido e, conseqüentemente implicando no aumento da área superficial para extração. Há também o surgimento de fissuras através das quais a solução extratora poderá penetrar no interior das partículas, favorecendo a extração do(s) analito(s) (KRUG; ROCHA, 2016).

Por sua vez, o grupo 2 da turma C, de 2020-2 selecionou o método QuEChERS (do inglês rápido, fácil, barato, eficaz, robusto e seguro) como opção para a extração da atrazina em solo. O método QuEChERS foi inicialmente desenvolvido por Anastassiades e colaboradores (2003) como uma alternativa interessante baseada nos princípios fundamentais da Química Verde para a determinação de agrotóxicos em frutas e hortaliças. No entanto, a grande versatilidade do procedimento tem permitido sua aplicação em outros tipos de matrizes e analitos com excelentes resultados. Na verdade, hoje em dia, as principais vantagens do método QuEChERS residem na possibilidade de eliminar o efeito de matriz, bem como obter uma alta recuperação dos analitos-alvo em amostras de diferentes origens, tais como alimentos, meio ambiente e amostras biológicas (SANTANA-MAYOR *et al.*, 2019).

Anastassiades e colaboradores (2003), em seu estudo pioneiro, propuseram um procedimento simples, rápido e barato que consistia em duas etapas sequenciais. Na primeira etapa a extração monofásica inicial era realizada com 10 g de amostra e 10 mL de acetonitrila, seguida de partição líquido-líquido formada pela adição de 4 g de $MgSO_4$ anidro acrescido de 1 g de NaCl. Na etapa sequencial, a remoção da água residual e a limpeza do extrato era realizada simultaneamente mediante o uso da extração dispersiva em fase sólida (SPE dispersiva ou d-SPE), na qual 150 mg de $MgSO_4$ anidro e 25 mg de sorvente de amina secundária primária (PSA) eram misturados com 1 mL de extrato de acetonitrila. Após esse estudo, os autores e muitos outros pesquisadores de todo o mundo centraram esforços em maximizar a eficiência dessa técnica, surgindo assim variações do método QuEChERS.

No segundo semestre de 2020, o grupo 2 da turma B, indicou o método de SPE. No entanto, essa técnica de forma isolada, ou seja, sem a sua associação com outras técnicas de preparo de amostra (por exemplo: ultrassom + SPE, microondas + SPE, etc.) é desaconselhada para amostras sólidas (solo, alimento, etc).

A análise de matrizes semissólidas e sólidas normalmente começa com a extração exaustiva do(s) analito(s) alvo da matriz complexa na qual eles estão aprisionados. A natureza essencialmente não seletiva desses tratamentos, principalmente quando se trata da análise de componentes traço ou ultra traço (caso dos agrotóxicos em solo e/ou alimentos), geralmente demandam uma subsequente purificação e/ou pré-concentração dos extratos obtidos. Para essas etapas de tratamento subsequentes, técnicas de preparação de amostras líquidas e viscosas são aplicadas. A seleção entre as técnicas associadas que serão empregadas depende principalmente da natureza do(s) analito(s), o solvente em que são dissolvidos e a complexidade do extrato, além da seletividade e sensibilidade da técnica analítica usada para a determinação instrumental final do(s) analito(s) alvo (ESCOBAR-ARNANZ; RAMOS, 2015).

Em geral, e provavelmente devido às demandas analíticas a serem cumpridas durante a etapa de extração no tratamento de matrizes (semi-)sólidas onde as condições de extração devem garantir a interrupção da estrutura da matriz, assim como uma eficiente penetração de solvente e recuperação exaustiva do(s) composto(s) alvo), não houve reais avanços nessa área nos últimos anos. Esse aspecto se contrapõe ao que se observa para técnicas analíticas miniaturizadas para o tratamento de matrizes líquidas e coloca em evidência que há um vasto campo de pesquisa que deve ser ampliado (ESCOBAR-ARNANZ; RAMOS, 2015).

Uma busca na plataforma Scopus empregando como palavras-chave “soil” AND “atrazine” associada aos termos relacionados com as diferentes técnicas de preparo de amostra selecionadas pelos alunos, ou seja, “ultrasound” ou “ultrasound assisted” ou “QuEChERS”, resultou nos dados apresentados na Tabela 11. Tais resultados convergem com as análises indicadas por diferentes autores citados nessa subseção, evidenciando que estudos com matrizes sólidas são mais escassos e que o método QuEChERS demonstra ser uma técnica em franca expansão para a matriz avaliada, dada a concentração de estudos nos últimos 8 anos.

Tabela 11: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de solo que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“soil” AND “atrazine” AND “ultrasonic” OR “ultrasonic assisted”	18	1998-2018
“soil” AND “atrazine” AND “QuEChERS”	12	2015-2023

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

No que tange à análise instrumental sequencial proposta pelos grupos 2 nos semestres avaliados, todos os grupos optaram pelo uso da cromatografia a gás. Metade dos grupos propôs a análise em um sistema de cromatografia a gás acoplado a espectrômetro de massas do tipo quadrupolo (GC-MS). A outra metade dos grupos optou pela análise em sistema de cromatografia a gás equipado com detector de captura de elétrons (GC-ECD).

O detector de ECD somente pode ser acoplado a sistemas de cromatografia a gás. A sensibilidade seletiva desse detector aos haletos faz com que ele seja particularmente útil na análise de agrotóxicos clorados (caso da atrazina). Também, o detector de ECD pode ser 10-1.000 vezes mais sensível que um detector de Ionização em Chama (FID), dependendo do analito a ser determinado.

Nesse detector, a amostra eluída de uma coluna passa sobre uma fonte radiativa emissora β , geralmente níquel-63. Um elétron do emissor causa a ionização do gás de arraste (frequentemente nitrogênio) e a produção de uma rajada de elétrons. Na ausência de espécies orgânicas, produz-se uma corrente constante entre um par de eletrodos em decorrência desse processo de ionização. Contudo, a corrente decresce significativamente na presença de moléculas orgânicas que contêm grupos funcionais eletronegativos que tendem a capturar elétrons (SKOOG, 2005, p. 905).

Não cabe dúvida que o sistema de GC-MS representa uma das alternativas instrumentais mais poderosas e difundidas para a análise de compostos orgânicos. Diferente do detector de ECD, o espectrômetro de massas (MS) apenas demanda que o analito separado na cromatografia a gás possa ser ionizado na sua fonte de ionização. Normalmente no caso da atrazina a fonte de ionização mais empregada é por impacto de elétrons. Uma vez ionizada, a molécula do analito é conduzida para o analisador de massas do tipo quadrupolo, o qual pode ser operado em modo de varredura completa (*scan*) ou SIM (do inglês, seleção de íons monitorados). O modo SIM costuma ser selecionado no caso de analitos em baixas concentrações, uma vez que o monitoramento de íons (quantificador e qualificador) selecionados permite tornar o analisador mais seletivo e, conseqüentemente, sensível ao composto alvo.

Da mesma forma que realizado para as técnicas de preparo selecionadas pelos alunos, uma busca na plataforma Scopus foi realizada para as técnicas instrumentais selecionadas pelos grupos para viabilizar a análise qualitativa e quantitativa da atrazina em solo. Os resultados são apresentados na Tabela 12 e indicam que muito embora a maioria das publicações se concentre no uso da técnica de cromatografia a líquido (301), o uso da técnica de cromatografia a gás (190) é muito utilizado.

Tabela 12: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de solo que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“soil” AND “atrazine” AND “Gas Chromatography”	190	1967-2023
“soil” AND “atrazine” AND “GC-MS”	67	1976-2023
“soil” AND “atrazine” AND “GC-ECD”	14	2013-2018
“soil” AND “atrazine” AND “Liquid Chromatography”	301	1973-2023

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

Na Tabela 13 apresentam-se os níveis das habilidades cognitivas identificadas nas etapas investigativas referentes ao problema II.

Tabela 13: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema II, grupo 2 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.

Etapa investigativa		Níveis	Resolução Problema II - Grupo 2 de todas as turmas						
Constructo/ Domínio	Descrição	Nível	Turma A 2020/1	Turma B 2020/1	Turma B 2020/2	Turma C 2020/2	Turma A 2021/1	Turma B 2021/1	
Contextualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1						
			N2						
			N3	X	X	X		X	
			N4				X		X
			N5						
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1						
			N2			X			
			N3		X				
			N4	X			X	X	X
			N5						
Investigação	Planejamento para investigação / Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1						
			N2			X			
			N3	X	X			X	
			N4				X		X
			N5						
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses	N1						
			N2			X			
			N3	X	X		X	X	
			N4						X
			N5						
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1						
			N2			X			
			N3	X	X		X	X	
			N4						X

			N5						
Conclusão	Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1						
			N2			X			
			N3	X	X				
			N4				X	X	X
			N5						
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1						
			N2			X			
			N3	X	X				
			N4				X	X	X
			N5						

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

A análise das habilidades cognitivas do Problema II, pertencente ao grupo 2 de todos os semestres 2020-1, 2020-2 e 2021-1, demonstra que em relação ao constructo da **contextualização** os grupos 2 das turmas A e B dos semestres 2020-1, e 2021-1 reconheceram o problema, identificando que precisavam definir a técnica de extração e cromatográfica, porém não conseguiram buscar explicações sobre a amostra em questão (solo) e obtiveram nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, pois tiveram dificuldades em detalhar as técnicas. Por sua vez, a turma B 2020-2 fez uma proposta de técnica de preparo de amostra (SPE) que não é aconselhada para o caso da matriz em estudo. A técnica instrumental que seria empregada na sequência é sim compatível com o analito alvo (GC-MS). Nesse contexto, pode-se indicar que o grupo atendeu parcialmente a resolução. Assim, esse grupo obteve nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva.

Nas turmas C e B, os grupos 2 dos semestres de 2020-2 e 2021-1 tiveram nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, identificando os elementos do problema e analisando suas variáveis da amostra solo, descrevendo em detalhes suas técnicas, como a de extração da turma B:

“A extração por ultrassom é feita a partir da ação de ondas mecânicas de baixa frequência, essas ondas são responsáveis pela formação de microbolhas na solução, que acabam entrando em colapso com a solução gerando zonas específicas de altas pressões e temperatura, facilitando a extração dos analitos no solvente. Essa extração é extremamente rápida não trazendo malefícios para a amostra e possibilitando a recuperação dos analitos.”

Com relação a contextualização ainda, no que permeia as hipóteses, a turma B do semestre 2020-1 conseguiu criar alternativas mecanizadas para resolução do problema, atingindo um nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, pois faltou um aprofundamento maior nas pesquisas bibliográficas dos artigos, principalmente na parte de cromatografia. Poderiam ter utilizado vídeos explicativos ou até mesmo livros que orientassem uma explicação mais direcionada ao problema. A turma B do semestre 2020-2 atingiu nível N2 de baixa ordem de habilidade cognitiva, pois não elaborou hipóteses, apenas buscou uma resolução mecanizada. As outras turmas conseguiram obter o êxito, atingindo o nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, que é quando cria hipóteses parciais para resolver o problema, ou seja, destacando as referências bibliográficas adequadas a atender o fator das técnicas, porém faltou uma complementação de vídeo para os alunos, para ajudar na explicação da técnica cromatográfica.

No constructo da **investigação** grande parte dos grupos 2 das turmas conseguiram identificar e estabelecer controles para a seleção de informações, porém faltou fazer algumas anotações e confronto de ideias. Considera-se que tal resultado é devido a não presença nas aulas teóricas, que dificultaram a escrita da resolução do problema e logo, atingiram nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva. Mais especificamente o grupo 2 da turma B de 2020-2 sugeriu uma proposta de técnica de preparo de amostra inadequada para a matriz sólida, assim entende-se que mobilizaram habilidades de baixa ordem do nível N2, visto que não estabeleceram processos de controle para a seleção das informações relevantes para a resolução do caso. Já as turmas C e B dos respectivos semestres 2020-2 e 2021-1 atingiram nível N4, alta ordem de habilidade cognitiva, pois anotaram as observações para o planejamento e puderam confrontar hipóteses. No constructo da investigação também, com relação a percepção de evidências e registro e análise de dados as turmas obtiveram N3 no seu nível de baixa ordem de habilidade cognitiva, devido a identificação de algumas evidências relacionadas a hipótese, além de registro e análise parcial. A turma B de 2020-2 obteve nível N2 de baixa ordem de habilidade cognitiva em relação a percepção de evidências e registro e análise dos dados. Já a turma B de 2021-1 teve nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois identificou e registrou corretamente, porém faltou alguns detalhes envolvendo as propostas para resolver o problema, como por exemplo, na explicação vaga de defensivo agrícola e veneno:

“Nas resoluções, normativas e linguagem acadêmica observadas até agora, foi possível perceber algumas expressões que são utilizadas como sinônimos para “agrotóxicos”, como “venenos”, que fazem uso correto do significado da palavra chave, exprimindo o real perigo. Porém, em alguns casos, são

utilizados sinônimos como “defensivos agrícolas” e “herbicidas”, que indiretamente buscam suavizar o perigo do objeto de análise. Esse uso camuflado da palavra “agrotóxico” é observado principalmente em projetos de lei (PL) que propõem a modificação da Lei nº 7802, na busca de achar brechas legais para o uso desenfreado do veneno.”

Na **conclusão**, constatou-se que a turma de 2020-1 teve nível N3, ou seja, baixa ordem de habilidade cognitiva, estes conseguiram explicar a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos. A turma B de 2020-2 obteve nível N2 que é quando explicam, mas não estabelecem relações, pois não justificam as respostas de acordo com os conceitos necessários. Como faltou argumentar sobre a alternativa a monocultura, pois eles não trouxeram alternativas claras, como exemplo de um trecho do relatório:

“A troca da monocultura para introdução de outros cultivos incrementa a produção de alimentos e o ingresso econômico para o agricultor, já que o monocultivo dificulta a subsistência da propriedade porque, em épocas adversas de clima, classificação e preços de mercado, a instabilidade aumenta, e com isso a economia varia muito, pois um cultivo de uma só planta irá depender de vários fatores como já citados. Então o cultivo de outras plantas pode contribuir em algumas variantes no decorrer do ano. Assim contribuindo com a economia.”

O grupo 2 da turma C do semestre 2020-2 e as turmas A e B, do semestre 2021-1 alcançaram o nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois utilizaram corretamente o conhecimento científico para resolver o problema, apresentando as alternativas sobre a monocultura, por exemplo, de forma conexa e coerente com o problema a ser resolvido, porém faltando descrever mais sobre a mesma. No aspecto da comunicação, as turmas A do semestre 2020-1 obtiveram nível de N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, fato que coordenaram os dados com o problema para elaboração da conclusão, porém a resolução não é fundamentada, por tentativa, no qual faltou justificar mais os resultados, sejam eles as técnicas de extração, cromatográfica, os termos de agrotóxicos, defensivo agrícola e veneno, assim como a alternativa a monocultura. A turma B do semestre de 2020-2 obteve nível N2, de baixa ordem de habilidade cognitiva, pois não coordenou todos os elementos da investigação. A turma C do semestre 2020-2 e as turmas B e C do semestre 2020-1 obtiveram nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva que coordena os elementos da investigação com o conhecimento científico adequadamente para elaborar uma conclusão, porém não consegue ser capaz de abordar ou generalizar o problema em outros contextos.

4.3.3 Problema III

No caso do problema III que diz respeito à matriz de milho, os quatro grupos 3 que ficaram responsáveis por este problema, utilizaram três combinações diferentes entre técnicas de preparo de amostra e de identificação e quantificação da atrazina, como pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14: Técnicas selecionadas nas turmas dos semestres de 2020/1, 2020/2 e 2021/1, referente a matriz milho, no Problema III.

Grupo 3	Técnica de preparo de amostra	Técnica cromatográfica e detector
Milho		
Turma A 2020/1	Ultrassom	GC-NPD
Turma B 2020/1	QuEChERS	HPLC-MS/MS
Turma B 2020/2	SPME	GC-ECD
Turma A 2021/1	QuEChERS	UPLC-MS/MS

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados coletados.

Vale à pena destacar que a determinação de compostos minoritários em matrizes complexas, como é o caso dos alimentos e conforme visto anteriormente para a matriz de solos é um aspecto relevante que deve ser levado em conta. Assim, em tais estudos onde os níveis muito baixos do(s) analito(s) alvo que precisam ser determinados com precisão, combinado com a complexidade da matriz em que estão “aprisionados”, frequentemente torna essencial o uso laborioso de preparação de amostras em várias etapas ou mediante o uso de métodos associados (ESCOBAR-ARNANZ; RAMOS, 2015).

Analisando a escolha dos grupos em relação à técnica de preparo de amostra, observa-se que dois grupos optaram por selecionar o método QuEChERS e outro grupo optou pelo uso da extração por ultrassom. Conforme já foi discutido na seção anterior para a matriz solo,

entende-se que ambos os métodos de preparo são adequados para a matriz milho. Um estudo prático desenvolvido recentemente por Zondo e Mahlambi (2022) para determinar um conjunto de agrotóxicos (entre eles a atrazina) em amostras de solo e milho avaliou comparativamente o uso do método QuEChERS e ultrassom em relação aos LODs e LOQs entre outros parâmetros. Os autores observaram que ambos os métodos de preparo são adequados para as matrizes em estudo. As amostras indicaram níveis superiores aos LMRs para muitos dos analitos avaliados, indicando assim a importância de monitorar continuamente tanto o alimento como o solo para salvaguardar a saúde dos consumidores.

Adicionalmente, um dos grupos selecionou a técnica de SPME para preparo de amostra da matriz milho. Segundo Kenessov e colaboradores (2016), a microextração em fase sólida (SPME) é uma das técnicas de amostragem e preparação de amostras mais populares, a qual foi desenvolvida por Arthur e Pawliszyn (1990). Essa técnica baseia-se na extração de analito(s) de uma amostra mediante o uso de um polímero revestido acoplado na agulha da seringa de injeção, seguida pela dessorção térmica no porto de injeção (entrada) de um cromatógrafo a gás. A SPME combina extração, pré-concentração e limpeza em um único estágio e é uma tecnologia muito simples, especialmente ao extrair analitos de uma amostra via *headspace*. Além disso, a maioria dos métodos baseados em SPME cumpre os requisitos preconizados pela Química Analítica Verde.

Estudo conduzido por Djozan e Ebrahimi (2008) utilizou uma estratégia de polimerização simples para produzir uma fibra monolítica de microextração em fase sólida (SPME) com base em polímero impresso molecularmente capaz de se acoplar com GC e GC-MS para extração seletiva e análise de herbicidas triazínicos (atrazina). Nas condições ideais determinadas pelos autores, a fibra preparada foi firme, barata, durável e termicamente estável até 280 °C. A confiabilidade da fibra preparada para extração de atrazina e outros herbicidas triazínicos em amostras reais foi investigado e comprovado pela implementação de SPME em amostras de água da torneira, cebola e arroz. Assim, observa-se que embora não tão frequente nos últimos anos (vide Tabela 15) a SPME tem potencial para ser empregada em amostras de alimento.

Ainda, na Tabela 15 fica evidente que o método QuEChERS é o mais frequentemente empregado em estudos da literatura para amostras de milho.

Tabela 15: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de milho que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“corn”OR “maize” AND “atrazine” AND “ultrasonic” OR “ultrasonic assisted”	3	1991-2022
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “QuEChERS”	6	2011-2023
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “solid phase microextraction”	5	2007-2016

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

No que tange à análise instrumental sequencial proposta pelos grupos 3 nos semestres avaliados, metade dos grupos (dois) optaram pelo uso da cromatografia a gás. Esses grupos combinaram as técnicas de GC-NPD e GC-ECD com o preparo de amostra mediante ultrassom e SPME. Por sua vez, a outra metade dos grupos selecionou a técnica de cromatografia a líquido com analisador de massa em tandem (analisador do tipo triplo-quadrupolo) para prover a análise qualitativa e quantitativa da atrazina, sendo o preparo de amostra realizado pelo método QuEChERS.

Embora sistemas cromatográficos de análise acoplados a analisadores de massas mais complexos (caso do triplo-quadrupolo; tempo de voo, ou até mesmo analisadores híbridos quadrupolo-tempo de voo) não sejam abordados nas aulas teóricas no âmbito da graduação, a escolha destes grupos supôs um desafio adicional para eles, uma vez que tiveram que estudar e compreender o funcionamento do sistema LC-MS/MS para poder realizar a proposta de método de análise da atrazina na amostra milho. Nesse contexto, o caráter investigativo e inovador da metodologia de RP torna-se ainda mais evidente.

Tabela 16: Busca realizada na plataforma Scopus sobre os métodos de preparo de amostras de milho que contém atrazina.

Palavras-chave de busca	Número de artigos publicados	Intervalo em que ocorreram as publicações (ano)
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “Gas Chromatography”	41	1973-2022
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “GC-NPD”	2	1994-2002

“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “GC-ECD”	2	2002-2019
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “Liquid Chromatography”	75	1982-2023
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “HPLC-MS/MS”	3	2015-2020
“corn” OR “maize” AND “atrazine” AND “UPLC-MS/MS”	2	2013-2022

Fonte: Elaborado pela autora com dados obtidos em busca na plataforma Scopus.

Os níveis de habilidades cognitivas mobilizadas nas etapas de resolução do problema III constam na Tabela 17 a seguir.

Tabela 17: Análise das habilidades cognitivas da Resolução do Problema III, grupo 3 dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.

Etapa investigativa		Níveis	Resolução Problema III Grupo 3 de todas as turmas				
			Turma A 2020/1	Turma B 2020/1	Turma B 2020/2	Turma A 2021/1	
Constructo/ domínio	Descrição	Nível					
Contextualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1				
			N2				
			N3	X			
			N4		X		
			N5			X	X
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1				
			N2				
			N3	X			
			N4		X	X	X
			N5				
Investigaç	Planejamento para investigação ou Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1				
			N2				
			N3	X			
			N4		X	X	X

	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses	N5				
			N1				
			N2				
			N3	X			
			N4		X		X
			N5			X	
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1				
			N2				
			N3	X			
			N4		X		
N5					X	X	
Conclusão	Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1				
			N2				
			N3	X	X		
			N4				
			N5			X	X
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1				
			N2				
			N3	X	X		
			N4				
			N5			X	X

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Com relação à análise das habilidades cognitivas do Problema III, pertencente ao grupo 3 de todos os semestres 2020-1, 2020-2 e 2021-1, verificou-se que em relação ao constructo da **contextualização** as turmas conseguiram identificar os elementos constituintes do problema. O grupo 3 da turma A de 2020-1 teve dificuldade em desenvolver mais sobre a técnica de extração/pré-concentração e a técnica cromatográfica na amostra do milho, atingindo o nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva. A turma B de 2020-1 atingiu o nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois avaliou variáveis, mas faltou alguns detalhes como especificar a coluna e o injetor, na explicação das técnicas. E as turmas de B e A

respectivamente dos semestres 2020-2 e 2021-1 tiveram nível N5 de alta ordem de habilidades cognitivas pois conseguiram identificar o problema de forma completa e analisar variáveis e relações causais entre os elementos do problema, como as técnicas de preparo de amostra, de identificação e quantificação.

Sobre a **contextualização**, o grupo 3 da turma A de 2020-1 obteve nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva para emissão de hipóteses não direcionada ao problema, pelo fato de faltar referências bibliográficas adequadas que suportassem a técnica de extração e análise cromatográfica selecionadas. As demais turmas criaram hipóteses para resolução do problema, atingindo um nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, conseguindo criar maneiras de resolver o problema, sendo estas inspiradas nas aulas teóricas da disciplina, bem como no aprofundamento em pesquisas bibliográficas, na base de dados, por exemplo, da UNICAMP e da UFSC, como as referências citadas pelo grupo 3, da turma B de 2020-2:

“BATISTA, Alex Domingues. Fibras para SPME (Microextração em Fase Sólida) recobertas com sílicas modificadas por grupos vinila. Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/250194/1/Batista_AlexDomingues_M.pdf>. Acesso em: abril de 2021.

NASCIMENTO, Eduarda de Omena Oliveira. Desenvolvimento de uma metodologia mais ecológica e simples para a determinação de agrotóxicos em amostras de arroz utilizando a combinação de SPME e de disco rotativo. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/215488>>. Acesso em: abril de 2021.”

No constructo da **investigação** o grupo 3 da turma A do semestre 2020-1 obteve nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, pois identificou e estabeleceu processos de controle para a seleção de informações relevantes à resolução do problema, realizando um planejamento de atividades, mas não para confronto das hipóteses, uma vez que estas não foram direcionadas ao problema plenamente. As demais turmas também conseguiram identificar e estabelecer controles para a seleção de informações com nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois realizam um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida, como podemos destacar no exemplo do grupo 3 da turma A de 2021-1, com a sequência de atividades propostas para validação de tal método escolhido:

“A validação dos métodos cromatográficos é um processo que visa avaliar a qualidade e confiabilidade das medições químicas através de parâmetros analíticos como: seletividade; linearidade e faixa de aplicação; precisão; exatidão; limite de detecção; limite de quantificação e robustez. Sendo que, tais parâmetros devem ser baseados no objetivo de uso do método, ou seja, os

experimentos de validação podem ser limitados para o que realmente é necessário (RIBANI; BOTTOLI; COLLINS; JARDIM; MELO, 2004). Neste trabalho os parâmetros de validação serão: linearidade, faixa de trabalho, seletividade, limites de detecção e quantificação, precisão (repetibilidade) e exatidão (taxa de recuperação).”

Ainda dentro do domínio do **planejamento**, com relação a percepção de evidências e registro e análise de dados a turma A de 2020-1 obteve nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, devido a identificação de algumas evidências relacionadas a hipótese e registro e análise parcial das evidências, no que tange por exemplo a técnica de análise cromatográfica, pois faltou detalhar um pouco a mais sobre o detector de NPD. Já a turma B de 2020-1 teve nível N4 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois identificou evidências e registrou coerentemente os dados, porém faltou alguns detalhes na correlação da explicação das técnicas, para ser mais clara na aplicação da amostra milho, como mostra uma parte do relatório a seguir:

“...acoplada com o sistema de espectrometria de massas, as duas técnicas atuam em sinergia, separando os componentes de uma matriz complexa via HPLC e identificando e quantificando via MS.”

As demais turmas obtiveram um nível N5 de alta ordem de habilidade cognitiva, pois atendeu a todas essas demandas de identificação de evidências, relações de hipóteses e registro de análise de dados.

No último constructo, a **conclusão**, verificou-se que as turmas de 2020-1 tiveram nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva, ou seja, explicaram a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representaram o problema com fórmulas ou equações. Por exemplo, na resolução do problema quanto à alternativa a monocultura, a turma B de 2020-1 citou a Agricultura Orgânica, indicando sua produção em menor tempo e custo reduzido, porém não especificou o seu uso aos aspectos sociais e culturais específicos da mesma. Já as turmas B e A, dos semestres 2020-2 e 2021-1 alcançaram o nível N5, de alta ordem de habilidade cognitiva, pois utilizaram corretamente o conhecimento científico para resolver o problema, especificando sobre a agroecologia e a rotação de cultura, o que pode ser compreendido como correlação entre áreas e o conhecimento específico sobre as técnicas analíticas em estudo. No aspecto da comunicação as duas turmas A e B de 2020-1 coordenaram os dados com o problema para elaboração da conclusão, porém a resolução é não fundamentada, por tentativa, pois faltou uma explicação mais direcionada com a amostra (milho), logo obtiveram nível N3 de baixa ordem de habilidade cognitiva. Já a turma B e A de 2020-2 e 2021-1, conseguiram relacionar a

conclusão com as hipóteses, coordenando os elementos da investigação e generalizaram o problema para outros contextos, tais como social, ambiental e econômico, e obtiveram nível N5 de alta ordem de habilidades cognitivas.

4.3.4 Avaliação geral dos grupos por nível cognitivo

Desse modo, com a análise conjunta das habilidades cognitivas mobilizadas pelos grupos 1, 2 e 3, para os respectivos problemas 1, 2 e 3, observa-se que com o decorrer dos semestres os níveis de habilidades foram crescentes tendendo a ser de ordem alta (N4 e N5), conforme Tabela 18.

Tabela 18: Análise das habilidades cognitivas das Resoluções de todos os Problemas dos semestres de 2020-1, 2020-2 e 2021-1.

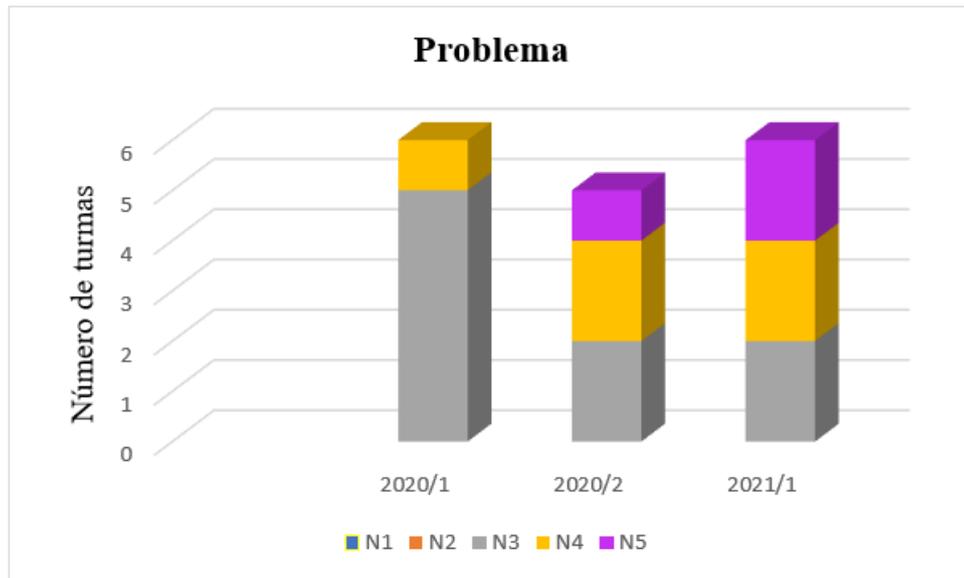
Etapa investigativa		Níveis	Somatório de níveis por semestre, considerando a Resolução dos três Problemas e todos os 17 grupos das turmas que participaram da pesquisa ao longo dos três semestres			
Constructo/ Domínio	Descrição	Nível	2020/1 Sem consultoria e sem relatório parcial (6 grupos)	2020/2 Com 1 consultoria e 1 relatório parcial (5 grupos)	2021/1 Com 2 consultorias e 2 relatórios parciais (6 grupos)	
Contextualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1			
		N2				
		N3	5	2	2	
		N4	1	2	2	
		N5		1	2	
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1			
			N2		1	
			N3	4		1
			N4	2	4	4
			N5			1
Investigação	Planejamento para investigação o/ Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1			
			N2		1	
			N3	5		2
			N4	1	4	3
			N5			1
		Identificam evidências e	N1			

	Percepção de evidências	as relacionam para confirmar ou não as hipóteses	N2		1	
			N3	5	3	2
			N4	1		3
			N5		1	1
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1			
			N2		1	
			N3	5	3	2
			N4	1		2
			N5		1	2
	Conclusão	Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1		
N2					1	
N3				6	2	1
N4					1	3
N5					1	2
Comunicação dos resultados		Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1			
			N2		1	
			N3	6	2	1
			N4		1	3
			N5		1	2

Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Infere-se que este resultado seja proveniente da inserção de etapas intermediárias de acompanhamento e relatórios parciais ao longo dos semestres, visto que no semestre 2020-1 não tinha ainda as consultorias que auxiliavam os alunos no entendimento da resolução do problema (Figura 22).

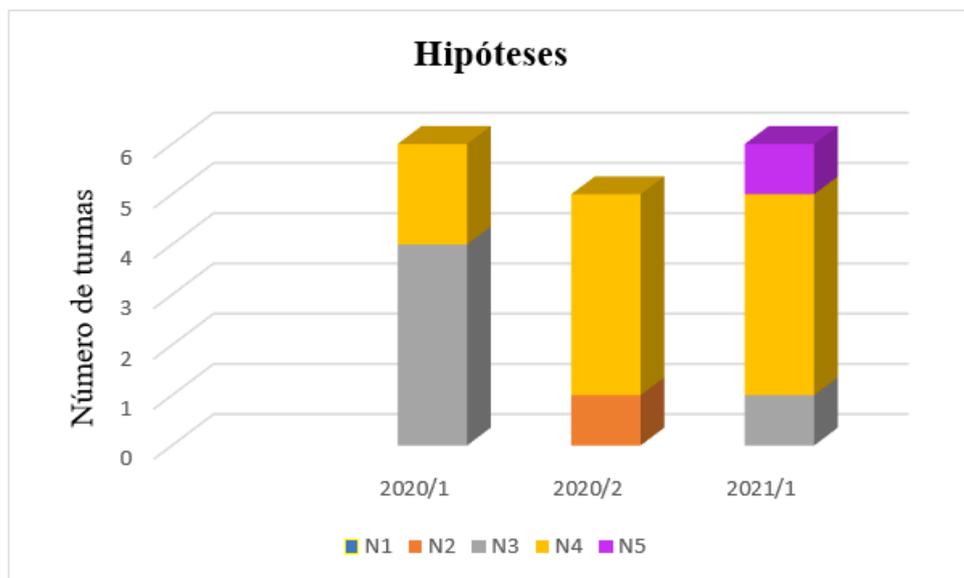
Figura 22: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Problema”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

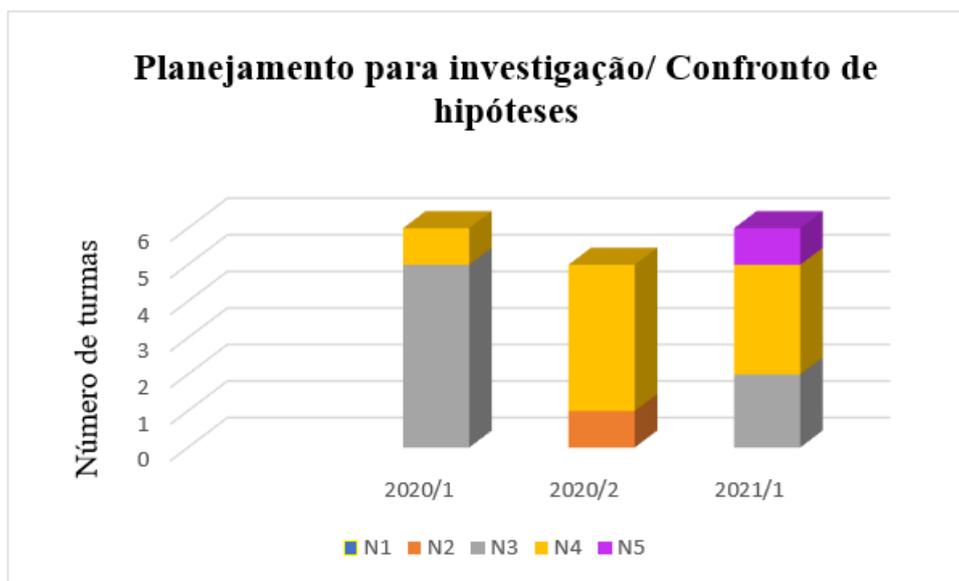
A partir de 2020-2 com a primeira consultoria e entrega do relatório parcial, as turmas evoluíram nos níveis cognitivos mobilizados, principalmente nos aspectos hipóteses e planejamento (Figura 23 e 24).

Figura 23: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Hipóteses”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

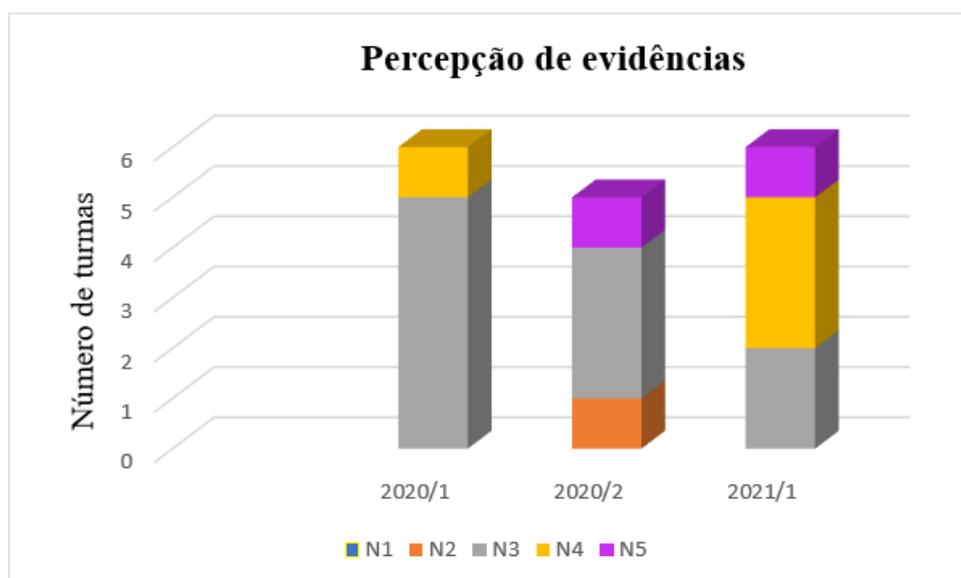
Figura 24: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Planejamento para investigação/ Confronto de hipóteses”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

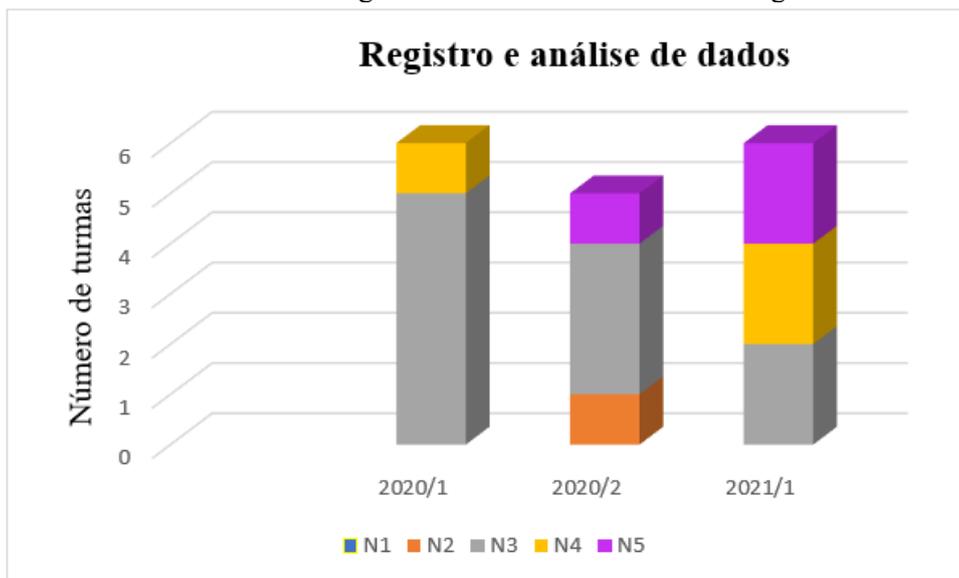
Já em 2020-2, visto algumas dificuldades ainda encontradas nas resoluções dos problemas nos semestres anteriores, foi inserido o relatório parcial II, bem como duas consultorias, visando auxiliar os discentes. Nota-se que algumas turmas ainda sentiram dificuldades, fato esse justificado por não estarem presentes na aula teórica, o que acaba dificultando o desempenho final (Figura 25 e 26).

Figura 25: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Percepção de evidências”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

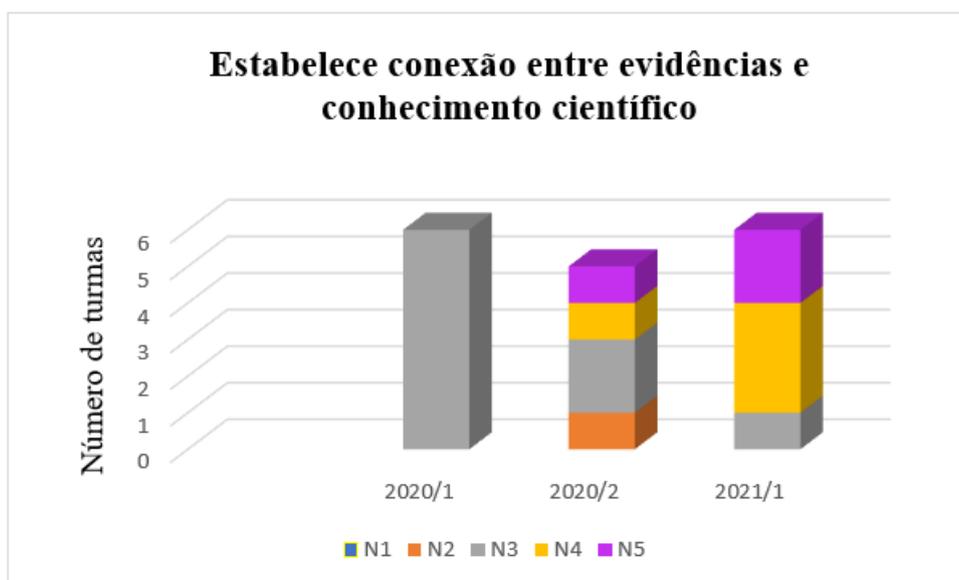
Figura 26: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Registro e análise de dados”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

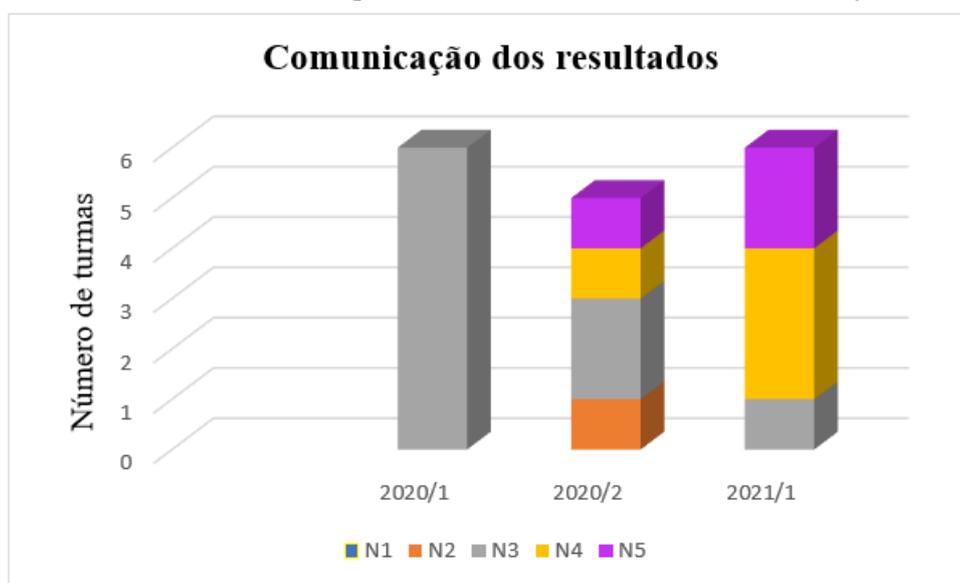
Entretanto, salienta-se e confere-se pelos resultados finais, que as consultorias e a produção de relatórios parciais favoreceram o desenvolvimento de níveis cognitivos mais elevados e conseqüentemente de propostas de resoluções mais elaboradas em termos de elementos da investigação como correlação entre conhecimentos de diferentes áreas, como as sociais, econômicas e ambientais aos conceitos analíticos (Figura 27 e 28).

Figura 27: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Estabelece conexão entre evidências e conhecimento científico”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Figura 28: Somatório dos níveis cognitivos referentes ao domínio “Comunicação dos resultados”



Fonte: Elaborado pela autora com base dos dados coletados.

Essa perspectiva de inserir etapas para orientações, produções parciais e interação entre professor orientador e estudantes ao longo da resolução dos problemas é uma tendência relatada na literatura para as variantes do método PBL, como os Estudos de Caso interrompidos. Herreid (2005) destaca que para tal, o caso deve ser originário de algum artigo científico que relate pesquisa de uma determinada área do conhecimento ou de uma situação real vivenciada pelos personagens dos casos. Lima *et al.*, (2022) apontam que o uso dos Estudos de Caso interrompidos potencializa a realização das etapas propostas para a investigação e resolução dos problemas, visto que ao longo das etapas os estudantes podem analisar dados e testar hipóteses previamente à resolução final do caso ou problema, assim os professores atuam de forma mais efetiva na orientação e condução do processo investigativo, como evidenciou-se nesta pesquisa com a inserção das consultorias e relatórios parciais. Destaca-se que neste estudo foram utilizados três problemas que apresentam uma situação real do plantio da monocultura do milho e do uso da Atrazina como principal agrotóxico usado neste cultivo, conforme indicações de Herreid (2005).

Destaca-se que a categoria N3 foi utilizada como sendo indicativa de habilidades do tipo LOCS (baixa ordem cognitiva), como proposto por Zoller (1993), entretanto pode ser considerada como um nível de transição para o nível N4 do tipo HOCS, conforme interpretação de Stuart e Marcondes (2009). O nível N3 tem perfil intermediário, pois foi atribuído quando se conseguiu identificar e estabelecer os processos para a resolução do problema, porém tais respostas não formuladas com todas as variáveis ou com a contextualização plenamente

interrelacionadas. Desta forma, de uma maneira geral praticamente todos os grupos mobilizaram habilidades de ordem intermediária para efetivação da atividade de RP proposta.

Assim, com o estudo realizado identificaram-se as potencialidades da metodologia de RP associada à temática agrotóxicos, mais especificamente à atrazina, para o estudo das técnicas de extração, pré-concentração de amostras e técnicas cromatográficas de forma articulada às matrizes milho, água superficial e solo. Infere-se que a inserção de etapas intermediárias ao processo de resolução, como as consultorias e relatórios parciais, fortaleceram a interação entre estudantes e professoras, no sentido da relação orientação-orientados, com os *feedbacks* e sugestões de melhorias propostos, como ocorre em uma investigação científica. Conforme Pozo (1998), na RP o professor assume o papel de orientador da investigação e os estudantes de pesquisadores novatos.

5 CONCLUSÃO

Neste contexto, frente ao conjunto de resultados produzidos e analisados, compreende-se que o presente trabalho atingiu o objetivo de identificar as potencialidades do uso da RP na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A (QUIP01039) no ensino superior, pois evidenciou o favorecimento do processo de ensino e aprendizagem de conceitos sobre técnicas de extração e pré-concentração de amostras, técnicas cromatográficas de análise, aliadas à temática agrotóxicos e ao princípio norteador CTS.

Cabe destacar que o uso da metodologia de RP beneficiou o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos previstas no Plano de ensino da disciplina (UFRGS, 2020), assim como de pesquisas da área (SCHAUMLOFFEL; DONAIS, 2001; DESTINO *et al.*, 2022) a partir de uma temática que possibilitou a inter-relação entre conhecimentos teóricos e práticos sobre as técnicas cromatográficas e diferentes matrizes de análise (solo, água superficial e milho). Desse modo, possibilitou a problematização da legislação vigente, questões socioambientais, econômicas e éticas relacionadas ao uso dos agrotóxicos num possível contexto de prática profissional dos estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Biotecnologia, contemplando assim a necessidade de direcionamento do processo formativo para o enfoque dos distintos cursos que a disciplina QUI01039 atende.

Os enunciados dos problemas utilizados contemplaram as características de um problema eficaz (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2021), para o contexto do ensino superior de Química Analítica, assim como atenderam as proposições de Shepardson e Pizzini (1991) sobre o nível de exigência cognitiva requerida, sendo considerado do nível P3, pois os estudantes utilizaram os dados obtidos ou solicitados nos enunciados para proporem hipóteses, realizaram inferências, avaliaram condições e generalizaram soluções.

Segundo Suart e Marcondes (2009) as habilidades cognitivas de ordem mais alta são favorecidas pelo uso de questões de nível P3, o que foi evidenciado nesta pesquisa, visto que as resoluções apresentadas pelos estudantes demandaram a mobilização de níveis cognitivos intermediários (N3) e mais elevados (N4 e N5), como se verificou com a capacidade de reflexão crítica envolvendo a elaboração de hipóteses, inferências e avaliação das condições gerais para alcançar uma tomada de decisão sobre a escolha das técnicas de extração e pré-concentração de amostras e técnicas cromatográficas de análise.

Além disso, possibilitou o estudo sobre as propriedades físico-químicas da atrazina, seus impactos para o ambiente e saúde humana, como forma de favorecer a tomada de consciência

sobre as questões socioambientais, econômicas e políticas relacionadas à temática agrotóxicos, o que converge aos princípios da Educação CTS. Como os próprios estudantes apontaram no questionário, a atividade de RP pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades individuais de pesquisa e apropriação conceitual e coletivas, como o trabalho em grupo e reflexão crítica sobre os problemas socioambientais da utilização excessiva dos agrotóxicos e para conhecerem as alternativas para o plantio do milho.

Enfim, entende-se que as diferentes etapas de investigação desenvolvidas com a RP, com a inserção dos relatórios parciais e assessorias, contribuíram para a mobilização de habilidades de alta ordem, como o trabalho colaborativo, senso crítico e a correlação entre os conceitos teóricos e aplicações relacionados com a temática de técnicas cromatográficas de análise. Neste sentido considera-se viável a inserção de atividades desta natureza na disciplina de Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A, visto o estudo relatado nesta dissertação sobre a implementação da sequência didática realizada ao longo dos três semestres favoreceu o desenvolvimento de habilidades de ordem intermediária e superior, além de produções de qualidade conceitual, procedimental e atitudinal por parte dos estudantes.

Do ponto de vista das contribuições que esta dissertação proporcionou a pesquisadora, estão as inserções e vivências no contexto do ensino superior de Química Analítica, e abordagem da temática agrotóxicos juntamente com o assunto das técnicas cromatográficas, presentes na disciplina. Sobre os aspectos da pesquisa em ensino de Química, principalmente quanto às contribuições da RP para o processo de ensino e aprendizagem, visto a experiência desenvolvida no ERE. Assim, esse método ativo de ensino se destaca como foco de tema de interesse para pesquisas futuras, pois com o acompanhamento das turmas, resolução das dúvidas e dificuldades enfrentadas pelos estudantes ao longo da resolução do problema, foi um período produtivo e de muitos aprendizados para a pesquisadora.

Como etapas futuras pretende-se ampliar as investigações para o âmbito de outras técnicas de identificação e quantificação de amostras, assim como outras matrizes. Sendo possível a utilização da proposta em disciplinas de Química Analítica Quantitativa e Instrumental de outros cursos desta Universidade. Visto a limitação das condições impostas período de Ensino Remoto Emergencial, devido à pandemia do COVID-19, considera-se que a proposta de pesquisa futura poderá apresentar resultados superiores aos encontrados nesta se for replicada em contexto de ensino presencial.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAVANJA, M. CR et al. Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in the Agricultural Health Study cohort. **American journal of epidemiology**, v. 157, n. 9, p. 800-814, 2003.

ALVIM, T. R.; ANDRADE, J. C. A importância da química analítica qualitativa nos cursos de química das instituições de ensino superior brasileiras. **Química Nova**, v. 29, p. 168-172, 2006.

ANASTASSIADES, M., LEHOTAY, S. J., ŠTAJNBAHER, D., & SCHENCK, F. J. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. **Journal of AOAC international**, v. 86, n. 2, p. 412-431, 2003.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamentação. **Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos**. Brasília, DF: ANVISA, 2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2023.

ARTHUR, Catherine L.; PAWLISZYN, Janusz. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. **Analytical chemistry**, v. 62, n. 19, p. 2145-2148, 1990.

AULER, D; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 01, p. 01-13, 2001.

AULER, D et al. Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências. 2002.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, 5 (1), 1-16, 2003.

AURÉLIO, DICIONÁRIO. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/relatorio>. Acesso em: 02 fev. 2023.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**: e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

BERNARDI, F. M.; PAZINATO, M. S. The case study method in chemistry teaching: A systematic review. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 3, p. 1211-1219, 2022.

BODNER, G. M.; BHATTACHARYYA, G. A cultural approach to problem solving. **Educación Química**, v. 16, n. 2, p. 222-229, 2005.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto, 1994.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo, 2017.

BRASIL. Lei n. 7802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES 1.303/2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 7/12/2001, seção 1, p. 25. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 8, de 11 de março de 2002. Estabelece as Diretrizes Curriculares para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 26/03/2002, seção 1, p. 12. 2002.

BUFFOLO, A. C. C; RODRIGUES, M. A. Agrotóxicos: uma proposta socioambiental reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 1, p. 01-14, 2015.

CALDAS, S. S et al. Principais técnicas de preparo de amostra para resíduos de agrotóxicos em água por cromatografia líquida com detecção por arranjo de diodos e por espectrometria de massas. **Química Nova**, v. 34, p. 1604-1617, 2011.

CAMARGO, F; DAROS, T. **A sala de aula inovadora-estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Penso Editora, 2018.

CARASEK, E; MORÉS, L; MERIB, J. Basic principles, recent trends and future directions of microextraction techniques for the analysis of aqueous environmental samples. **Trends in Environmental Analytical Chemistry**, v. 19, p. e00060, 2018.

CAVALCANTI, J. A et al. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 32, n. 1, p. 31-36, 2010.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a Educação**. Ijuí: Unijuí, 2016.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário oficial da União**, n. 53, p. 58-63, 2005.

COSTA, V. I. D. B. D; MELLO, M. S. D. C. D ; FRIEDRICH, K. Environmental and occupational exposure to pesticides and the non-Hodgkin lymphoma. **Saúde em Debate**, v. 41, n. 112, p. 49-62, 2017.

CROFLIFE BRASIL. Conectados pelo campo. Juntos pelo futuro. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/defensivos-quimicos/regulamentacao-dos-defensivos-no-brasil-como-e-realizada/>. Acesso em: 20 de mar. 2023.

CURWIN, B. D et al. Urinary pesticide concentrations among children, mothers and fathers living in farm and non-farm households in Iowa. **The Annals of occupational hygiene**, v. 51, n. 1, p. 53-65, 2007.

DANZER, K. **Analytical chemistry: theoretical and metrological fundamentals**. Springer Science & Business Media, 2007.

DESTINO, J. F et al. Analytical chemistry in context. In: **Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum**. American Chemical Society, p. 83-105, 2022.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Planejamento da Pesquisa Qualitativa: Teorias e abordagens**. Porto Alegre: Artmed, p. 15-44, 2006.

DIAS, A. C. L et al. Ocorrência de Atrazina em águas no Brasil e remoção no tratamento da água: revisão sistemática. **Revista Internacional de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 234-253, 2018.

DJOZAN, D; EBRAHIMI, B. Preparation of new solid phase micro extraction fiber on the basis of atrazine-molecular imprinted polymer: application for GC and GC/MS screening of triazine herbicides in water, rice and onion. **Analytica Chimica Acta**, v. 616, n. 2, p. 152-159, 2008.

DOMIN, D; BODNER, G. Using students' representations constructed during problem solving to infer conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 7, p. 837-843, 2012.

DONG, X et al. Effects of atrazine on cytochrome P450 enzymes of zebrafish (*Danio rerio*). **Chemosphere**, v. 77, n. 3, p. 404-412, 2009.

ECHEVERRÍA, M. D. P. P.; POZO, J. I.; Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J.I.; **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artmed. p. 13-42, 1998.

EMBRAPA. Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil#:~:text=Os%20estados%20que%20mais%20se,Grosso%20do%20Sul%20\(5%25\)](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil#:~:text=Os%20estados%20que%20mais%20se,Grosso%20do%20Sul%20(5%25).). Acesso em: 15 fev. 2023.

ESCOBAR-ARNANZ, J; RAMOS, L. The latest trends in the miniaturized treatment of solid samples. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 71, p. 275-281, 2015.

FERNANDES, C. G. **A metodologia de resolução de problemas como estratégia para desenvolver habilidades cognitivas de alta ordem nas aulas: o que pensam os professores de Química?** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 458-482, 2017.

FERNANDES, C. D. S; STUANI, G. M. Agrotóxicos no Ensino de Ciências: uma pesquisa na educação do campo. **Educação & Realidade**, v. 40, p. 745-762, 2015.

FILIPPOU, O; BITAS, D; SAMANIDOU, V. Green approaches in sample preparation of bioanalytical samples prior to chromatographic analysis. **Journal of Chromatography B**, v. 1043, p. 44-62, 2017.

FGCIA. Fórum gaúcho de combate aos impactos ambientais. Disponível em: <https://fgcia.eco.br>. Acesso em: 28 mar. 2023.

FUNDACENTRO. Prevenção de acidentes no trabalho com agrotóxicos: segurança e saúde no trabalho, n. 3. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, 1998.

GAO, R. Incorporating students' self-designed, research-based analytical chemistry projects into the instrumentation curriculum. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 3, p. 444-449, 2015.

GOI, M. E. J. Formação de professores para o desenvolvimento da metodologia de Resolução de Problemas na Educação Básica. Tese (doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2014.

GOI, M. E. J; SANTOS, F. M. T. D. Formação de professores e o desenvolvimento de habilidades para a utilização da metodologia de resolução de problemas. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. v. 19, n. 2 p. 431-450, 2014.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por meio da resolução de problemas e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v.31, n.3, p.203-209, 2009.

GOMES, D; STAHL, N. A resolução de problemas no ensino de cálculo diferencial e integral nos cursos de Engenharia: Uma experiência. *Revista Thema*, v.17, n.2, p. 294-308, 2020.

GRAZIANO NETO, F. (Coord.). Uso de agrotóxicos e receituário agrônomo. São Paulo: Agroedições. 1982.

GULACAR, O et al. A novel code system for revealing sources of students' difficulties with stoichiometry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 14, n. 4, p. 507-515, 2013.

HANSON, R. Designing E-Content for Teaching Basic Analytical Chemistry in Higher Education: A Baseline Study. **Science Education International**, v. 31, n. 1, p. 22-28, 2020.

HERREID, C. F. Case studies in science-A novel method of science education. **Journal of college science teaching**, v. 23, p. 221-221, 1994.

HERREID, C. F. The interrupted case method. **Journal of College Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 4-5, 2005.

HOLME, T. A. Can Today's Chemistry Curriculum Actually Produce Tomorrow's Adaptable Chemist?. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 4, p. 611-612, 2019.

HULANICKI, A; KEMULA, W. Teaching of Analytical Chemistry at Universities in Poland. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 297, n. 4, p. 315-319, 1979.

HUBER, W. Ecotoxicological relevance of atrazine in aquatic systems. *Environ. Toxicol. Chem.* 12, 1865-1881, 1993.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Exposição no trabalho e no ambiente. **Agrotóxico**. Rio de Janeiro: INCA, 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **List of classifications**, volumes 1-123. Lyon, France: IARC, 2018.

JARDIM, I. C. S. F. Extração em fase sólida: fundamentos teóricos e novas estratégias para preparação de fases sólidas. **Scientia Chromatographica**, v. 2, n. 1, p. 13-25, 2010.

JAVARONI, R. D. C. A.; LANDGRAF, M. D; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 22, p. 58-64, 1999.

JUNG, C. F. Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: Aplicada a novas tecnologias, produtos e processos. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2004.

KENESSOV, B.; KOZIEL, J. A.; BAKAIKINA, N. V.; ORAZBAYEVA, D. Perspectives and challenges of on-site quantification of organic pollutants in soils using solid-phase microextraction. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 85, p. 111-122, 2016.

KOVARIK, M. L. et al. Survey of the undergraduate analytical chemistry curriculum. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 6, p. 2317-2326, 2022.

KRUG, F; ROCHA, FR. P. Métodos de preparo de amostras para análise elementar. 1ª ed. São Paulo: **EditSBQ, Sociedade Brasileira de Química**, 572p, 2016.

LA DOU, J. The export of environmental responsibility (Editorial). *Archives of Environmental Health*, 49(1): 6-8, 1994.

LAITINEN, H. A. Teaching of analytical chemistry. Problem in perspective. **Analytical Chemistry**, v. 42, n. 14, p. 37A-41A, 1970.

LIMA, M. S. DE; OLIVEIRA, I. M; QUEIROZ, S. L. Estudo de caso interrompido na promoção de conhecimento ambiental de graduandos em Química: Resíduos sólidos urbanos em foco. **Química Nova**, v. 44, n. 2, p. 149-159, 2022.

LIMA, DE. F. SC; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resolução de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química Nova**, v. 41, p. 468-475, 2018.

LIVRAMENTO, DO. G et al. Unidade Temática sobre mineração do carvão: uma proposta para o ensino de termoquímica com enfoque CTS. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, p. 675-683, 2021.

LOCATELLI, AI; SANTOS, K. D. F. D; ZOCH, A. N. Unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino de química orgânica, abordando a temática dos agrotóxicos. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 18, p. 158-172, 2016.

LOPES, C. V. A; ALBUQUERQUE, G. S. C. DE. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro: EPU, 2018.

LYKKEN, L. Teaching analytical chemistry. *Journal of Chemical Education*. v. 28, n. 08 p. 440-442, 1951.

MARQUES, L. **Capitalismo e colapso ambiental**. Editora da Unicamp, 2018.

MATIAS, T. P et al. Aspectos envolvidos na biodegradação da atrazina sob diferentes condições de oxirredução. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e59910817689-e59910817689, 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 27 dez. 2022.

MARTINS, ML, PRIMEL, EG, BARBOSA, SC, PRESTES, OD, ADAIME, MB, & ZANELLA, R. Microextração líquido-líquido dispersiva (DLLME) fundamentos e aplicações. **Scientia Chromatographica**, v.4, n.1, p. 35-51.

MEDEIROS, D. R; GOI, M. E. J. A Resolução de Problemas articulada ao Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n.1, p. 115-135, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade Diário **Oficial da República Federativa do Brasil**, n. 85, p. 126-136, 2021.

MOREIRA, A. M; AIRES, J. A. A; LORENZETTI, L. Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. **Actio: Docência em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 193-210, 2017.

OLIVEIRA, G. W. D. Aspectos do comportamento da atrazina no solo e potenciais efeitos ambientais. 2015.

ONUCHIC, L. D. L. R. Ensino-aprendizagem de Matemática através da resolução de problemas. **Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas. São Paulo: UNESP**, p. 199-218, 1999.

PALACIOS, E. M. G; GALBARTE, J. C. G; BAZZO, W. **Introdução aos estudos CTS (Ciencia, Tecnología e Sociedad)**. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), 2005.

PASSOS, K. D.; CAMPO, L. F.; DANIEL, D. P.; DE LIMA, F. S.; PASSOS, C. G. O tema carboidratos através da metodologia de estudos de caso: desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. **Química Nova**, v. 41, p. 1209-1217, 2018.

PERES, F. É. **Veneno ou é Remédio? os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos, 1999**. 1999. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

PERES, F; MOREIRA, J. C. É veneno ou é remédio. **Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ**, v. 384, 2003.

PINHEIRO, N. A. M; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71-84, 2007.

POZO, J. I; CRESPO, M. Á. G. A solução de problemas nas Ciências da Natureza. A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, p. 67-102, 1998.

PROSEN, H. Fate and determination of triazine herbicides in soil (Cap. 3). **Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds. Rijeka: Intech**, p. 43-58, 2012.

RAMM, J. G. Características, conquistas e desafios dos cursos de química da UFRGS. 2014.

REBOUÇAS, M. V.; PINTO, A. C.; ANDRADE, J. B. de. Qual é o perfil do profissional de química que está sendo formado? Esse é o perfil de que a sociedade necessita? **Química Nova**, v. 28, p. S14-S17, 2005.

REIS, D. R., Gestão da inovação tecnológica, São Paulo: Manole Ltda, P. 204, 2004.

RIBEIRO, D. D. C. D. A. Problemas ambientais causados por agrotóxicos: uma proposta de formação de professores de química viabilizando a metodologia da resolução de problemas. 2016.

RIBEIRO, D. D. C. D. A., PASSOS, C. G., SALGADO, T. D. M. Método de resolução de problemas no ensino médio: uma proposta interdisciplinar abordando o tema agrotóxicos. **Revista Prática Docente**, v. 3, n. 2, p. 643-664, 2018.

RIBEIRO, D. D. C. D. A. Problemas ambientais causados por agrotóxicos: a metodologia da resolução de problemas e a investigação científica na educação básica. 2020.

RIBEIRO, D. D. C. D. A., PASSOS, C. G., SALGADO, T. D. M. A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, p. 1-21, 2020.

RIBEIRO, D. C. A.; SALGADO, T. D. M.; SIRTORI, C.; PASSOS, C. G. Sustentabilidade e Educação Ambiental no Ensino de Química: contribuições para a tomada de consciência sobre agricultura sustentável. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 160-172, 2022.

RODRIGUES, JMC; SANTOS, PMG dos. Reflexões e desafios das novas práticas docentes em tempos de pandemia. João Pessoa: Editora do CCTA, 2020.

SALZER, R. How we assure quality in teaching analytical chemistry. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 390, n. 1, p. 85-88, 2008.

SANTANA-MAYOR, Á., SOCAS-RODRÍGUEZ, B., HERRERA-HERRERA, A. V., & RODRÍGUEZ-DELGADO, M. Á. Current trends in QuEChERS method. A versatile procedure for food, environmental and biological analysis. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 116, p. 214-235, 2019.

SANTOS, W. L. P; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 110-123, 2000.

SANTOS, W. L. P. DOS; SCHNETZLER, R. P. Educação em Química Compromisso com a cidadania. 4º ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Educação em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente*, v.1, n. especial, 2007.

SAÚDE, M. DA; CRUZ, F. O.; CÂNCER, I. N. DE; COLETIVA, A. associação B. de S. UMA VERDADE CIENTIFICAMENTE COMPROVADA: OS AGROTÓXICOS FAZEM MAL À SAÚDE DAS PESSOAS E AO MEIO AMBIENTE. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, [S. l.], v. 11, p. 39-42, 2016.

SCHAUMLOFFEL, J. C. AND DONAIS, M. K. Analytical Chemistry for non chemistry Science majors. *Analytical Chemistry*. p. 275-277, 2001.

SHEPARDSON, D. P.; PIZZINI, E. L. Questioning levels of junior high school science textbooks and their implications for learning textual information. **Science Education**, 1991.

SHIMODO, F. Aplicação da metodologia de solução inventiva de problemas (TRIZ) em patente de biotecnologia. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MBI14018.pdf>. Acesso em: 06 de ago. 2021.

SENISE, P. Química analítica e análise química. **Química nova**, v. 3, n. 3, p. 257, 1993.

SETTLE JR, F. A. Education for Analytical Chemistry in the United States from the 1950s to the Present. **American Chemical Society**. p. 23-33, 2007.

SILVA, E. L. D; MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, p. 65-83, 2015.

SIMON, I. A revolução digital e a sociedade do conhecimento. [On-line]. São Paulo: IME-USP, 1999. < <http://www.ime.usp.br/~is/ddt/mac333>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de química analítica. 8ª edição. **Thompson. Mexico DF**, 2005.

SOLOMON, K. R. et al. Ecological risk assessment of atrazine in North American surface waters. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 15, n. 1, p. 31-76, 1996.

STEINBERG, C. EW; LORENZ, R; SPIESER, O. Hunrich. Effects of atrazine on swimming behavior of zebrafish, *Brachydanio rerio*. **Water Research**, v. 29, n. 3, p. 981-985, 1995.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SUART, R. D. C; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TILSON, H. A. Developmental neurotoxicology of endocrine disruptors and pesticides: identification of information gaps and research needs. *Environ Health Perspec*, 106: 807-811, 1998.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Plano de ensino da disciplina Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A (QUI01039), 2020.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Integrated Risk Information System: IRIS**. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 2019.

VALCÁRCEL, M; CHRISTIAN, G. D.; LUCENA, R. Teaching social responsibility in analytical chemistry. **Analytical Chemistry**. v. 85, n.13, p. 6152-6161, 2013.

VAN BRAMER, S. E. Teaching Chemistry in the New Century: Analytical Chemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 78 n. 9, p. 1167-1174, 2001.

WANG, Q., CHEN, R., SHATNER, W., CAO, Y., BAI, Y. State-of-the-art on the technique of dispersive liquid-liquid microextraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 51, p. 369-377, 2019.

WEI, J. et al. Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. v. 1, n. 1, p. 1-16, 2019.

WENZEL, T. J.; KOVARIK, M. L.; ROBINSON, J. K. Looking to the future of analytical chemistry education: a new resource to help instructor. *ACS Measurement Science Au*. v. 2, n. 2, p. 76-77, 2022a.

WENZEL, T.J., KOVARIK, M.L., ROBINSON, J.K. Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum. Eds., ACS Symposium Series; **American Chemistry Society**, Washington, DC. 2022b.

YURIEV, E et al. Scaffolding the development of problem-solving skills in chemistry: guiding novice students out of dead ends and false starts. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 18, n. 3, p. 486-504, 2017.

ZIDNY, R; LARASWATI, A. N; EILKS, I. A case study on students' application of chemical concepts and use of arguments in teaching on the sustainability-oriented chemistry issue of pesticides use under inclusion of different scientific worldviews. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 17, n. 7, p. em1981, 2021.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 195-197, 1993.

ZÔMPERO, A. D. F; LABURÚ, C. E; VILAÇA, M. T. INSTRUMENTO ANALÍTICO PARA AVALIAR HABILIDADES COGNITIVAS DOS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA NAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 200-211, 2019.

ZONDO, S; MAHLAMBI, P. Comparison of Ultrasonic and QuEChERS Extraction Methods Efficiency for the Determination of Herbicides Residues in Soil and Maize Cob. **Trends in Sciences**, v. 19, n. 24, p. 3030-3030, 2022.

ZOWADA, C et al. Developing a lesson plan on conventional and green pesticides in chemistry education—a project of participatory action research. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 1, p. 141-153, 2020.

ZUIN, V. G.; KÜMMERER, K. Towards more sustainable curricula. **Nature Reviews Chemistry**, v. 5, n. 2, p. 76-77, 2021.

7 APÊNDICES

7.1 APÊNDICE I - PROBLEMAS

7.1.1 Problema I

“O uso de agrotóxicos na agricultura brasileira é um problema de saúde pública, dadas as contaminações no ambiente, em alimentos e as intoxicações na saúde humana” segundo Pignati el al. (2017). Além disso, esses autores relatam que no ano de 2015 em nosso país, houve um “predomínio dos cultivos de soja, milho e cana de açúcar, que juntos corresponderam a 76% da área plantada no Brasil. Pulverizou-se 899 milhões de litros de agrotóxicos nessas lavouras, com Mato Grosso, Paraná e Rio Grande Sul tendo utilizado as maiores quantidades.”

De acordo com o engenheiro agrônomo e professor da UNICAMP, Mohamed Habib, “mais de 99% dos venenos aplicados na lavoura não atingem a praga alvo. Então, pode-se dizer que mais de 99% dos agrotóxicos vão para os rios, para o solo, para o ar e para a água subterrânea”, afirma Habib.

Diante desses resultados que apontam que 70% da água doce no Brasil destina-se para a agricultura e que boa parte dela é contaminada por agrotóxicos, a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Ministério da Saúde realizam periodicamente estudos sobre o uso de agrotóxicos no RS e seus efeitos danosos a o solo e as águas.

O MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é um dos órgãos públicos responsáveis pela liberação da utilização de agrotóxicos no Brasil. Através do envio de amostras a laboratórios credenciados para estudos desde o preparo do solo até a pós-colheita. Sendo assim é possível verificar o resíduo deixado pelo agrotóxico tanto no solo como na planta e/ou fruto.

Vocês foram contratados como técnicos para integrar a equipe do Laboratório Analytics – Soluções em análises biotecnológicas e ambientais Ltda. Lá vocês inicialmente passarão por uma etapa de treinamento junto ao setor de análise instrumental, que presta serviço ao MAPA. Nesse treinamento vocês deverão, em equipe, resolver a seguinte situação:

Dado que o cultivo de milho é bastante representativo em âmbito nacional e no RS, e que a atrazina é um dos principais ingredientes ativos (IA's) empregado nessa cultura, indique: a classe a que pertence esse IA, pesquise suas principais características físico-químicas e relacione tais características com a disponibilidade ambiental, principais riscos ao ambiente

(solo, água e cultura-alimento), apresente os Limites Máximos de Resíduos (LMR's) para a atrazina nas diferentes culturas em que pode ser utilizada;

Indique como vocês fariam a análise quantitativa da atrazina em uma amostra de água superficial, indicando claramente qual a técnica de extração/pré-concentração selecionada no preparo da amostra e qual a técnica cromatográfica que seria utilizada para viabilizar o monitoramento (identificar e quantificar) tal analito.

Pesquise o significado dos termos agrotóxicos, venenos e defensivos agrícolas e indique qual destes termos está definido na legislação brasileira vigente e qual a sua opinião sobre a nomenclatura mais adequada. Faça uma pequena reflexão sobre a utilização destas denominações como sinônimos no contexto político e econômico de nosso país.

Existem alternativas ao modelo de monoculturas amplamente adotado no Brasil, desde o ponto de vista ambiental; econômico; sócio-cultural? Explique sua resposta para cada um dos aspectos anteriormente indicados trazendo referências que justifiquem esse posicionamento para cada um dos aspectos.

1. Pignati et al., Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde, *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10):3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

2. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/>. Consulta realizada em 24 de setembro de 2020.

7.1.2 Problema II

“O uso de agrotóxicos na agricultura brasileira é um problema de saúde pública, dadas as contaminações no ambiente, em alimentos e as intoxicações na saúde humana” segundo Pignati et al. (2017). Além disso, esses autores relatam que no ano de 2015 em nosso país, houve um “predomínio dos cultivos de soja, milho e cana de açúcar, que juntos corresponderam a 76% da área plantada no Brasil. Pulverizou-se 899 milhões de litros de agrotóxicos nessas lavouras, com Mato Grosso, Paraná e Rio Grande Sul tendo utilizado as maiores quantidades.”

De acordo com o engenheiro agrônomo e professor da UNICAMP, Mohamed Habib, “mais de 99% dos venenos aplicados na lavoura não atingem a praga alvo. Então, pode-se dizer que mais de 99% dos agrotóxicos vão para os rios, para o solo, para o ar e para a água subterrânea”, afirma Habib.

Diante desses resultados que apontam que 70% da água doce no Brasil destina-se para a agricultura e que boa parte dela é contaminada por agrotóxicos, a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Ministério da Saúde realizam periodicamente estudos sobre o uso de agrotóxicos no RS e seus efeitos danosos a o solo e as águas.

O MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é um dos órgãos públicos responsáveis pela liberação da utilização de agrotóxicos no Brasil. Através do envio de amostras a laboratórios credenciados para estudos desde o preparo do solo até a pós-colheita. Sendo assim é possível verificar o resíduo deixado pelo agrotóxico tanto no solo como na planta e/ou fruto.

Vocês foram contratados como técnicos para integrar a equipe do Laboratório Analytics – Soluções em análises biotecnológicas e ambientais Ltda. Lá vocês inicialmente passarão por uma etapa de treinamento junto ao setor de análise instrumental, que presta serviço ao MAPA. Nesse treinamento vocês deverão, em equipe, resolver a seguinte situação:

Dado que o cultivo de milho é bastante representativo em âmbito nacional e no RS, e que a atrazina é um dos principais ingredientes ativos (IA's) empregado nessa cultura, indique: a classe a que pertence esse IA, pesquise suas principais características físico-químicas e relacione tais características com a disponibilidade ambiental, principais riscos ao ambiente (solo, água e cultura-alimento), apresente os Limites Máximos de Resíduos (LMR's) para a atrazina nas diferentes culturas em que pode ser utilizada;

Indique como vocês fariam a análise quantitativa da atrazina em uma amostra de solo, indicando claramente qual a técnica de extração/pré-concentração selecionada no preparo da amostra e qual a técnica cromatográfica que seria utilizada para viabilizar o monitoramento (identificar e quantificar) tal analito.

Pesquise o significado dos termos agrotóxicos, venenos e defensivos agrícolas e indique qual destes termos está definido na legislação brasileira vigente e qual a sua opinião sobre a nomenclatura mais adequada. Faça uma pequena reflexão sobre a utilização destas denominações como sinônimos no contexto político e econômico de nosso país.

Existem alternativas ao modelo de monoculturas amplamente adotado no Brasil, desde o ponto de vista ambiental; econômico; sócio-cultural? Explique sua resposta para cada um dos aspectos anteriormente indicados trazendo referências que justifiquem esse posicionamento para cada um dos aspectos.

1. Pignati et al., Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde, *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10):3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

2. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/>. Consulta realizada em 24 de setembro de 2020.

7.1.3 Problema III

“O uso de agrotóxicos na agricultura brasileira é um problema de saúde pública, dadas as contaminações no ambiente, em alimentos e as intoxicações na saúde humana” segundo Pignati et al. (2017). Além disso, esses autores relatam que no ano de 2015 em nosso país, houve um “predomínio dos cultivos de soja, milho e cana de açúcar, que juntos corresponderam a 76% da área plantada no Brasil. Pulverizou-se 899 milhões de litros de agrotóxicos nessas lavouras, com Mato Grosso, Paraná e Rio Grande Sul tendo utilizado as maiores quantidades.”

De acordo com o engenheiro agrônomo e professor da UNICAMP, Mohamed Habib, “mais de 99% dos venenos aplicados na lavoura não atingem a praga alvo. Então, pode-se dizer que mais de 99% dos agrotóxicos vão para os rios, para o solo, para o ar e para a água subterrânea”, afirma Habib.

Diante desses resultados que apontam que 70% da água doce no Brasil destina-se para a agricultura e que boa parte dela é contaminada por agrotóxicos, a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Ministério da Saúde realizam periodicamente estudos sobre o uso de agrotóxicos no RS e seus efeitos danosos a o solo e as águas.

O MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é um dos órgãos públicos responsáveis pela liberação da utilização de agrotóxicos no Brasil. Através do envio de amostras a laboratórios credenciados para estudos desde o preparo do solo até a pós-colheita. Sendo assim é possível verificar o resíduo deixado pelo agrotóxico tanto no solo como na planta e/ou fruto.

Vocês foram contratados como técnicos para integrar a equipe do Laboratório Analytics – Soluções em análises biotecnológicas e ambientais Ltda. Lá vocês inicialmente passarão por uma etapa de treinamento junto ao setor de análise instrumental, que presta serviço ao MAPA. Nesse treinamento vocês deverão, em equipe, resolver a seguinte situação:

Dado que o cultivo de milho é bastante representativo em âmbito nacional e no RS, e que a atrazina é um dos principais ingredientes ativos (IA's) empregado nessa cultura, indique:

a classe a que pertence esse IA, pesquise suas principais características físico-químicas e relacione tais características com a disponibilidade ambiental, principais riscos ao ambiente (solo, água e cultura-alimento), apresente os Limites Máximos de Resíduos (LMR's) para a atrazina nas diferentes culturas em que pode ser utilizada;

Indique como vocês fariam a análise quantitativa da atrazina em uma amostra de milho, indicando claramente qual a técnica de extração/pré-concentração selecionada no preparo da amostra e qual a técnica cromatográfica que seria utilizada para viabilizar o monitoramento (identificar e quantificar) tal analito.

Pesquise o significado dos termos agrotóxicos, venenos e defensivos agrícolas e indique qual destes termos está definido na legislação brasileira vigente e qual a sua opinião sobre a nomenclatura mais adequada. Faça uma pequena reflexão sobre a utilização destas denominações como sinônimos no contexto político e econômico de nosso país.

Existem alternativas ao modelo de monoculturas amplamente adotado no Brasil, desde o ponto de vista ambiental; econômico; sócio-cultural? Explique sua resposta para cada um dos aspectos anteriormente indicados trazendo referências que justifiquem esse posicionamento para cada um dos aspectos.

1. Pignati et al., Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde, Ciência & Saúde Coletiva, 22(10):3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

2. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/>. Consulta realizada em 24 de setembro de 2020.

7.2 APÊNDICE II

Formulário de avaliação da atividade de Resolução de Problemas (RP)

*** Indica que é pergunta obrigatória**

O objetivo deste questionário é realizar um diagnóstico sobre as percepções dos alunos dos cursos de graduação da UFRGS sobre o uso da metodologia de RP e da temática de agrotóxicos nas aulas práticas da disciplina QUI01039. É importante que você responda as questões a seguir de forma completa e expresse a sua opinião livremente, pois sua identidade será mantida em sigilo.

Qual sua idade? *

1. Qual o seu curso de graduação? *

Marque apenas um oval.

- Biotecnologia
- Engenharia Ambiental
- Outro _____

2. Que semestre do curso você está cursando agora? *

3. Você já cursou anteriormente a disciplina QUI01039? *

Marque apenas um oval.

- Sim
- Não

4. Se a sua resposta anterior foi sim, quantas vezes cursou a disciplina QUI01039?

5. Você já possui algum curso técnico e/ou outra graduação?

Marque apenas um oval.

- Sim
- Não

6. Se sua resposta anterior foi "sim", indique abaixo o curso técnico realizado ou curso de graduação prévio.
-

7. Em sua vivência como discente você já experimentou, em outra disciplina da graduação que está cursando, o uso da metodologia de resolução de problemas (RP)?

Marque um oval.

Sim

Não

8. Se a sua resposta anterior foi "sim", indique em quais disciplinas já teve oportunidade de ter contato com a RP.
-

Para as próximas questões, assinale para expressar sua concordância ou discordância em relação às declarações listadas nas tabelas, de acordo com a seguinte escala: Discordo Fortemente (DF); Discordo Parcialmente (DP); Não tenho Opinião (NO); Concordo Parcialmente (CP); Concordo Fortemente (CF);

9. Sobre a questão do uso de agrotóxicos, é correto afirmar que: *

Marque um oval por fila.

	DF	DP	NO	CP	CF
Favorece a perda da biodiversidade e o desequilíbrio ambiental além de representar um risco à saúde pública	<input type="radio"/>				
Infelizmente não há alternativa ao seu uso que seja viável economicamente	<input type="radio"/>				

Há alternativa(s) ao seu uso do ponto de vista ambiental/ecológico, econômico e social

Algumas alternativas ao uso de agrotóxicos poderiam ser inviabilizadas, pois demandariam a contratação de mais trabalhadores e reduzir a competitividade do agronegócio

Algumas alternativas ao uso de agrotóxicos poderiam favorecer a contratação de mais trabalhadores, contribuindo para reduzir o êxodo rural e favorecendo a preservação ambiental e cultural em muitas localidades

Eu me preocupo com a quantidade de agrotóxicos que ingiro nas frutas, verduras, hortaliças e água que bebo

Eu me preocupo com a quantidade de agrotóxicos que ingiro nos alimentos processados tais como: farinhas, café, chá(s), etc..

Esse trabalho ampliou meu conhecimento sobre esse tema

10. Sobre o uso da metodologia de resolução de problemas (RP) considero que*:

Marque um oval por fila.

	DF	DP	NO	CP	CF
É uma metodologia interessante, que favorece o desenvolvimento de habilidades e atitudes individuais	<input type="radio"/>				
É uma metodologia interessante, que favorece o desenvolvimento de habilidades e atitudes coletivas ao fomentar o trabalho em grupos	<input type="radio"/>				
Não é adequada para ser empregada no ensino superior	<input type="radio"/>				
Não favorece habilidades valorizadas no mercado laboral	<input type="radio"/>				
Favorece a conscientização cidadã da temática abordada	<input type="radio"/>				
Dificulta correlacionar os conteúdos vistos em aulas teóricas com a situação problema proposta e trabalhada por cada estudante	<input type="radio"/>				
Permite estabelecer correlações da área de química instrumental com demais áreas ou subáreas do conhecimento	<input type="radio"/>				
O tema pôde ser trabalhado de forma mais holística e atrativa	<input type="radio"/>				
Demanda mais dedicação individual e coletiva quando comparada às aulas experimentais	<input type="radio"/>				

convencionalmente realizadas na disciplina QUII01039

O emprego desta metodologia foi adequado apenas para esse semestre de ERE

O emprego desta metodologia foi adequado e deveria ser utilizado no futuro, em semestres regulares presenciais

11. Deixe aqui seu(s) comentário(s) sobre a atividade de resolução de problemas(se achar necessário):

7.3 APÊNDICE III

7.3.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados:

Estamos desenvolvendo uma pesquisa na disciplina QUII01039. Com esta pesquisa buscamos viabilizar o uso de métodos ativos de aprendizagem baseado no uso da metodologia de Resolução de Problemas (RP). Também, desejamos ampliar e favorecer a transmissão de conhecimentos técnicos relacionados com a disciplina e, simultaneamente, oportunizar a conscientização e formação dos estudantes dos cursos de engenharia ambiental e biotecnologia da UFRGS quanto à temática dos agrotóxicos.

A sua participação é muito importante, para isso solicitamos a sua autorização, abaixo assinada, **para participar como respondente dos questionários que serão utilizados e das atividades formativas que serão registradas por meio de gravadores de voz/imagem.** Os resultados deste estudo serão utilizados para produção e publicação de textos de caráter científico, pois estes dados farão parte de um trabalho de pesquisa vinculado a um pós-doutorado. A sua identidade será mantida em sigilo e sua voz/imagem será utilizada apenas para os fins desta pesquisa. Tratando-se de uma pesquisa que busca verificar questões referentes aos conhecimentos sobre a temática agrotóxicos, técnicas de preparo e extração de amostras e

análise instrumental mediante técnicas cromatográficas de análise, há risco de embaraço ao responder o questionário, ou ainda desgaste mental ao preencher o instrumento de pesquisa, o que pode demandar tempo no entendimento das questões, situações nas quais o participante poderá interromper ou desistir de participar.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos, entre em contato pelo e-mail: carla.sirtori@ufrgs.br.

DECLARAÇÃO

Eu _____ declaro que fui esclarecido(a) sobre os objetivos, riscos e justificativas deste estudo de forma clara e detalhada e que concordo em participar desta pesquisa.

Porto Alegre, ____ de _____ de 2020.

Assinatura do(a) participante: _____

8 ANEXOS

8.1 ANEXO I – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA

Instituto de Química
Departamento de Química Inorgânica

Dados de identificação

Disciplina: Química Analítica Quantitativa e Instrumental-A			
Período Letivo: 2020/1			
Professor Responsável: Diogo Pompéu de Moraes			
Sigla: QUI01039	Créditos:5		
Carga Horária:75 h	CH Autônoma:0 h	CH Coletiva:75 h	CH Individual: h

Súmula

Fundamentos de análise quantitativa: erros e tratamentos de dados em química analítica; amostragem e preparação de amostras. Métodos volumétricos de análise. Métodos instrumentais de análise: análise eletroquímica, espectroscopia molecular e atômica, análise térmica, cromatografia.

Currículos

Currículos	Etapa	Pré-Requisitos	Natureza
ENGENHARIA AMBIENTAL	4	(QUI02009) INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA E ESPECTROSCOPIA PARA ENGENHARIA AMBIENTAL (QUI03309) FÍSICO-QUÍMICA I -B	Obrigatória
BIOTECNOLOGIA MOLECULAR	2	(QUI01161) QUÍMICA GERAL EXPERIMENTAL B (QUI01049) QUÍMICA GERAL TEÓRICA B	Obrigatória
BIOINFORMÁTICA	2	(QUI01161) QUÍMICA GERAL EXPERIMENTAL B (QUI01049) QUÍMICA GERAL TEÓRICA B	Obrigatória

Objetivos

- 1- Estudo dos fundamentos teóricos e realização dos experimentos relativos aos métodos clássicos e instrumentais de análise química quantitativa;
- 2-Desenvolvimento de habilidades e comportamentos necessários ao emprego da análise química quantitativa;
- 3- Desenvolvimento da capacidade de avaliação de dados obtidos por diferentes métodos de análise, possibilitando a avaliação crítica dos resultados obtidos.

Conteúdo Programático

Semana	Título	Conteúdo
1*	Estatística Descritiva Aplicada à Química Analítica.	Algarismos significativos, precisão, exatidão, média aritmética, desvio-padrão, coeficiente de variação, intervalo de confiança, classificação de erros em química analítica, correlação e regressão linear. Aula Prática: Marcha geral da análise química quantitativa, Algarismos significativos e erros.
2*	Introdução à Química Analítica.	Introdução à Química Analítica. Etapas de uma análise química quantitativa. Pesagem em balanças analíticas e aferição de aparelhos volumétricos. Aula Prática: Treino de pesagem, vidraria volumétrica e aferição volumétrica.
3**	Fundamentos dos Métodos Volumétricos.	Solução padrão, titulação, ponto de equivalência, erro de titulação, indicadores, padrão primário, cálculos volumétricos. Aula Prática: Padronização de uma solução.

4**	Volumetria de Neutralização	Curvas de titulação de ácidos e bases fortes, curvas de titulação de ácidos e bases fracas. Escolha de indicadores. Exercícios. Aula Prática: Aplicação volumetria de neutralização.
5**	Volumetria de Oxidação- Redução.	Volumetria de óxido-redução. Equação de Nernst. Permanganimetria. Exercícios. Aula Prática: Aplicação volumetria de óxido-redução.
6**	Métodos Eletroanalíticos. de	Métodos eletroanalíticos de rotina e respectivos equipamentos: fundamentos, eletrodos de oxidação-redução de referência e indicadores e eletrodos de membrana íon-seletivos, célula potenciométrica, curva de calibração, método da adição de padrão. Determinação de pH, titulação potenciométrica de neutralização. Aula Prática: Aplicação medição de pH e titulação potenciométrica.
7**	Prova	Prova da primeira unidade. Aula Prática: Apresentação e avaliação de atividade relacionada à área 1.
8**	Introdução à Espectrometria Atômica e Molecular.	Absorção molecular: interações da radiação eletromagnética com moléculas em solução, lei de Lambert-Beer, componentes dos equipamentos e suas funções. Erros relativos às análises químicas, desvios da Lei de Beer. Aula Prática: Aplicação absorção molecular UV-Vis.
9**	Espectrometria Molecular	Absorção molecular: interações da radiação eletromagnética com moléculas em solução, lei de Lambert-Beer, componentes dos equipamentos e suas funções. Erros relativos às análises químicas, desvios da Lei de Beer. Aplicação absorção molecular UV-Vis
10**	Espectrometria Atômica.	Absorção e emissão atômica: princípios e fundamentos da atomização em chama e em forno de grafite (eletrotérmica) e interferências, fotometria de chama. Aula Prática: Aplicação espectrometria de emissão/absorção atômica.
11**	Espectrometria Atômica.	Absorção e emissão atômica: princípios e fundamentos da atomização em chama e em forno de grafite (eletrotérmica) e interferências, fotometria de chama. Aula Prática: Aplicação espectrometria de absorção atômica.
12**	Prova	Prova área espectrometria atômica e molecular. Aula prática: Estudo dirigido sobre métodos de separação preparo de amostras.
13**	Fundamentos dos Métodos Cromatográficos.	Introdução aos métodos cromatográficos de análise. Teoria dos pratos teóricos aplicados à resolução cromatográfica. Métodos de preparo de amostras para as técnicas de separação cromatográficas. Aula Prática: Cromatografia a gás com detector de ionização na chama.
14**	Cromatografia a Gás.	Cromatografia a gás: instrumentação; tipos de injetores, detectores e colunas. Aula prática: Cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas.
15**	Cromatografia Líquido. a	Cromatografia a líquido: bombas, sistema de injeção, detectores, colunas e solventes para fase móvel. Técnicas cromatográficas aplicadas no controle de qualidade de produtos e em análise de constituintes

		em nível de traços. Cromatografia de íons: princípios e aplicações. Aula Prática: Cromatografia a líquido para determinação de analito(s) de interesse
16**	Prova	Prova da terceira unidade.
17**	Recuperação ou Exame	Recuperação de uma área ou exame final da disciplina.
*Atividades presenciais ministradas antes do ERE. **Atividades que serão ministradas no formato ERE.		

Metodologia

A disciplina QUI01039 é uma disciplina composta de aulas teóricas e práticas, neste semestre excepcionalmente ministrada na modalidade semipresencial, com aulas ministradas remotamente (ERE) e com avaliações realizadas remotamente. A introdução teórica às aulas práticas será ministrada de forma remota (ERE) e os experimentos se realizarão, preferencialmente, de forma remota adotando-se o modelo sugerido pela resolução 025/2020 do CEPE. Caso as atividades presenciais sejam liberadas, de acordo com as orientações da UFRGS, um modelo escalonado será aplicado no sentido de reduzir a frequência das atividades experimentais em laboratório. Para esse modelo presencial, as aulas práticas serão realizadas com data a definir a partir da suspensão do isolamento social. Os conteúdos teóricos e práticos serão desenvolvidos a fim de proporcionar aos alunos o desenvolvimento das seguintes habilidades:

- expressar corretamente resultados analíticos;
- compreender os princípios básicos dos métodos titulométricos;
- identificar quando a preparação, extração e pré-concentração de amostras são necessárias;
- ter condições de avaliar corretamente dados analíticos obtidos a partir de diferentes técnicas instrumentais.

Serão utilizados recursos como Mconf, ZOOM, Google Meet, Microsoft Teams e outros para atividades síncronas. Materiais adicionais (lista de exercícios, materiais didáticos,...) serão postados na plataforma moodle para consulta fora do horário de aula.

Informações sobre Direitos Autorais e de Imagem:

Todos os materiais disponibilizados são exclusivamente para fins didáticos, sendo vedada a sua utilização para qualquer outra finalidade, sob as penas legais.

Todos os materiais de terceiros que venham a ser utilizados devem ser referenciados, indicando a autoria, sob pena de plágio.

A liberdade de escolha de exposição da imagem e da voz não isenta o aluno de realizar as atividades originalmente propostas ou alternativas;

Todas as gravações de atividades síncronas devem ser previamente informadas por parte dos professores.

Somente poderão ser gravadas pelos alunos as atividades síncronas propostas mediante concordância prévia dos professores e colegas, sob as penas legais.

É proibido disponibilizar, por quaisquer meios digitais ou físicos, os dados, a imagem e a voz de colegas e do professor, sem autorização específica para a finalidade pretendida.

Os materiais disponibilizados no ambiente virtual possuem licença de uso e distribuição específica, sendo vedada a distribuição do material cuja a licença não permita ou sem a autorização prévia dos professores para o material de sua autoria.

Carga Horária

Teórica: 30 horas

Prática: 45 horas

Experiências de Aprendizagem

O conteúdo teórico da disciplina será ministrado de forma remota emergencial (modelo ERE) utilizando-se de ferramentas de apoio virtuais. A parte experimental será ministrada, preferencialmente, de forma remota com o uso de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). Alguns exemplos de ambientes virtuais de aprendizagem são citados abaixo:

<http://www.iq.usp.br/gutz/Curtipot.html>
[PhET Interactive Simulations](#)

[ChemCollective](http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/screen-experiment/titration/experiment/2)

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/screen-experiment/titration/experiment/2>

<http://virtuallab.pearson.com.br>

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.5b00654>

<http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00167>

Caso ocorra liberação das atividades presenciais, as mesmas serão desenvolvidas de forma condensada, em momento de flexibilização do isolamento social, e de acordo com as regras sanitárias impostas para o momento. A introdução teórica dos experimentos será ministrada remotamente (ERE), de forma que as atividades experimentais possam ser agrupadas por conjunto de experimentos, reduzindo assim, a frequência de atividades experimentais presenciais.

Critérios de Avaliação

O aproveitamento por parte do aluno será verificado através de 3 avaliações na modalidade ERE (T1, T2 e T3) correspondendo a cada uma das unidades de ensino, constituídas por uma atividade remota individual. Essas avaliações terão peso 10/cada. Uma quarta nota será obtida a partir da média aritmética das notas dos trabalhos práticos (P) relativos às atividades experimentais (ERE).

A média final será o somatório das notas das avaliações remotas de cada unidade com as notas da prova escrita de cada unidade e da média das práticas, dividido por 4.

$$\text{Média final} = (T1+T2+T3+P) / 4$$

A atribuição do conceito final será feita conforme a tabela abaixo:

NOTA CONCEITO

$X > 9,0$ A

$7,5 \leq X \leq 9,0$ B

$6,0 \leq X < 7,5$ C

$X < 6,0$ D

De acordo com a Resolução do CEPE sobre o ERE, durante o período em que perdurar o ERE, fica inaplicável a atribuição de conceito FF, prevista no Parágrafo 2º, do Artigo 44, da Resolução nº 11/2013 do CEPE.

Para os estudantes matriculados até o final do período e que deixaram de participar da Atividade de Ensino, deverá ser atribuído o registro NI (Não Informado) no campo de conceito do sistema acadêmico.

Para os casos previstos no Parágrafo 1º, a justificativa do registro NI deverá conter a referência ao período de excepcionalidade.

Os casos de não informação de conceito durante o ERE, deverão ser resolvidos até o fim do segundo período letivo, após o fim da situação emergencial de saúde.

Atividades de Recuperação Previstas

O aluno com nota inferior a 5,0 em apenas uma das áreas deverá realizar recuperação da área com desempenho insuficiente. O aluno com nota inferior a 5,0 em duas ou nas três áreas ou se a média (incluindo os relatórios das práticas) for inferior a 6,0 deverá realizar o exame que abrangerá o conteúdo programático de todo o semestre.

Não haverá recuperação da nota referente às aulas práticas.

O aluno que ficar em exame será aprovado se a nota do mesmo for igual ou maior que 6,0.

A atribuição do conceito final será feita conforme a tabela abaixo:

NOTA CONCEITO

$X > 9,0$ A

$7,5 \leq X \leq 9,0$ B

$6,0 \leq X < 7,5$ C

$X < 6,0$ D

Prazo para Divulgação dos Resultados das Avaliações

Os resultados das avaliações serão divulgados em, aproximadamente, duas semanas a contar da data de aplicação do conteúdo de avaliação.

Bibliografia

A Bibliografia Básica Essencial deve estar disponível de forma digital.

Básica Essencial

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J e CROUCH, S. R..Fundamentos de Química Analítica. São Paulo: Cengage Learning, 9ª Edição, 2014. ISBN 978-85-221-2137-3.
<https://ufrgs.vstbridge.com/#/book-details/9788522121373>

Básica

Cienfuegos, Freddy. Análise Instrumental. Rio de Janeiro: Interciência, ISBN 8571930422.

Collins, Carol H.;Braga, Gilberto Leite;Bonato, Pierina Sueli. Fundamentos de cromatografia. Campinas: Editora da UNICAMP, 2006. ISBN 8526807048.

David S. Hage. Química Analítica e Análise Quantitativa. São Paulo: Pearson, 2012. ISBN 978-85-7605-981-3.

Complementar

CHRISTIAN, G.D. Analytical Chemistry. John Wiley, 2004. ISBN 9789471214724.

KENNEDY, J.H.. Analytical Chemistry. Saunders, 1990. ISBN 0030469783.

OHLWEILER, O.A.. Química Analítica Quantitativa 2.

PETERS, D.G.; HAYES, J.M.; HIEFTJE, G.M. Chemical Separations and Measurements: Theory and Practice of Analytical Chemistry, W.R. Saunders Company, 1974. ISBN 0721672035.

Outras Referências**Observações**

Nesta disciplina é possível a realização de estágios docentes dos alunos de mestrado e/ou doutorado. A carga horária de estágio não poderá ultrapassar o equivalente a 30h/aula e os mestrandos e doutorandos serão também avaliados pelos discentes.