

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE CAMPUS FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA – PGECM**

EDUARDO DA SILVA FIRMINO

**AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE
CROMATOGRÁFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE): UMA PROPOSTA
DE ABORDAGEM COM ENFOQUE CTSA**

**FORTALEZA/CE
2020**

EDUARDO DA SILVA FIRMINO

**AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE
CROMATOGRÁFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE): UMA PROPOSTA
DE ABORDAGEM COM ENFOQUE CTSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Caroline de Goes Sampaio

Área de concentração: Ensino de Química

**FORTALEZA/CE
2020**

EDUARDO DA SILVA FIRMINO

**AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE
CROMATOGRÁFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE): UMA PROPOSTA
DE ABORDAGEM COM ENFOQUE CTSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Química

Aprovada em: 31/01/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Caroline de Goes Sampaio – IFCE (Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Ana Karine Portela Vasconcelos – IFCE (1º Avaliador Interno)

Prof.^a Dr.^a Maria Cleide da Silva Barrosos – IFCE (2º Avaliador Interno)

Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos – UNILAB (1º Avaliador Externo)

Prof. Dr. Sidnei Quezada Meireles Leite – IFES (2º Avaliador Externo)

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F525a Firmino, Eduardo da Silva.
AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE CROMATOGRAFIA
LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE): UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM COM ENFOQUE
CTSA / Eduardo da Silva Firmino. - 2020.
142 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática,
Campus Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio.

1. Educação CTS/CTSA. 2. Agrotóxico. 3. Ensino de Química. 4. Formação de Professores. I. Título.
CDD 510.07

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas.

À minha orientadora, Caroline Sampaio, por todo o apoio, incentivo, confiança e, principalmente, pela paciência nas orientações. Sou eternamente grato pelas oportunidades oferecidas.

Aos meus pais Luis Firmino e Maria Leite, por todo o amor e apoio em todos os meus projetos de vida.

À minha namorada, Virna Araújo, por todo o carinho e incentivo na realização desse trabalho.

Às minhas tias, Salete e Munda, a minha irmã Sâmia e aos meus primos Maurício, Michel e Mikaelly.

Aos professores que compõem o PGECM, em especial às professoras Cleide Barroso e Karine Portela e ao coordenador na pessoa do professor Régis Alves.

À CAPES por ter financiado minha bolsa de pesquisa, proporcionando minha estadia na cidade de Fortaleza/CE e permanência no curso.

Ao IFCE – Campus Maracanaú por ter sediado a minha pesquisa.

Ao meu professor do Ensino Médio, Benjamim Cunha, que despertou o meu desejo por uma formação superior.

Aos meus queridos colegas de turma Gabriela, Marcelo, Ana Maria, Thamires, Clarycy e Artur por quem desenvolvi uma enorme amizade.

Aos meus amigos de morada, Elvis e Robson, que durante um bom tempo dividiram bons momentos comigo.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram.

“Não se espera que a Abordagem CTS(A) seja mais uma técnica didática, mas, sim, uma cultura: a cultura CTS(A) que se manifesta em qualquer técnica de ensino ou manifestação docente”

(CHRISPINO, 2017, p. 81).

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi o de analisar o desenvolvimento de uma intervenção pedagógica para abordar a temática de “Agrotóxicos” com enfoque CTS/CTSA, articulado ao conteúdo da técnica de análise de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, na formação inicial de professores de química. Participaram desta pesquisa 14 alunos do 6º semestre da disciplina de Metodologia do Ensino de Química do curso de Licenciatura em Química do IFCE, *campus* Maracanaú, e a intervenção pedagógica foi realizada nos meses de abril e maio de 2019. A intervenção pedagógica foi planejada com base na abordagem baseada em problemas, abordando a temática central de Agrotóxico, visando promover aproximações com a perspectiva socioambiental e a educação CTS/CTSA, organizada por aulas expositivas, rodas de conversas, aula de campo, apresentação de seminários, entre outras atividades. Tratou-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa apoiada em observações, aplicação de questionários, relatos orais e escritos, além de leituras de documentos oficiais sobre agrotóxicos. Foram investigadas as possíveis mudanças de concepções atitudinais, aplicando o *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (COCTS), a abordagem metodológica do Estudo de Caso, configurando-se como o caráter qualitativo do estudo. Também foi aplicado, um questionário aberto contendo quatro questões acerca dos principais tópicos abordados na pesquisa. Os resultados obtidos nas análises evidenciam a importância de se trabalhar com formas alternativas ao ensino tradicional. A utilização do COCTS com o Modelo de Resposta Múltipla (MRM) permitiu realizar uma boa avaliação das concepções atitudinais dos sujeitos acerca da temática sob os aspectos quantitativos e qualitativos. Procurou-se responder a seguinte questão norteadora: como inserir o enfoque CTS/CTSA no ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) visando tornar o processo de ensino desse conteúdo contextualizado com o cotidiano dos educandos, além de promover o debate crítico acerca da temática socioambiental “Agrotóxicos”? Esta pesquisa justifica-se pela necessidade de apresentar alternativas para minimizar as carências já diagnosticada em outros trabalhos acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências, além de contribuir para o planejamento e realização de atividade com enfoque CTS/CTSA. Através da análise desses resultados evidenciam-se melhorias das concepções atitudinais dos alunos participantes, em que a média geral do índice, que vai de -1 a +1, no teste apresentou valor de 0,141 e no reteste 0,153, além da promoção do debate crítico acerca do uso de agrotóxicos. Analisando por categoria (Adequada, Plausível e Ingênua), com exceção da categoria ingênua que sofreu uma pequena queda (indo de 0,030 para -0,006), as categorias adequada e plausível sofreram melhorias de

0,002 e 0,149, respectivamente. Constatou-se também a necessidade de se trabalhar mais em cursos na área de ciências exatas acerca das definições de ciência e tecnologia, uma vez que as questões que tratam dessas definições apresentaram baixos índices no teste, -0,008 para definição de ciência e -0,071 para definição de tecnologia, bem como debater sobre suas reponsabilidades sociais. Por fim, espera-se que os resultados aqui obtidos possam servir como embasamento para a produção de futuras pesquisa na área de formação de professores com enfoque na abordagem CTS/CTSA.

Palavras-chave: Educação CTS/CTSA. Agrotóxico. Ensino de Química. Formação de Professores.

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the development of a pedagogical intervention to address the theme of “Pesticides” with a STS/STSE approach, linked to the content of the High Performance Liquid Chromatography analysis technique, in the initial training of chemistry teachers. 14 students from the 6th semester of the Chemistry Teaching Methodology curriculum component of the Chemistry Degree course at IFCE, Maracanaú campus participated in this research, and the pedagogical intervention was carried out in the months of April and May 2019. The pedagogical intervention was planned based on the problem-based approach, addressing the central theme of Pesticides, aiming to promote approximations with the socio-environmental perspective and STS/STSE education, organized by lectures, conversation circles, field class, presentation of seminars, among other activities. It was a qualitative and quantitative research supported by observations, application of questionnaires, oral and written reports, as well as readings of official documents on pesticides. The possible changes in attitudinal conceptions were investigated, using the *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (COCTS), the methodological approach of the Case Study, configuring itself as the qualitative character of the study. An open questionnaire was also applied, containing four questions about the main topics covered in the research. The results obtained in the analyzes show the importance of working with alternative forms to traditional teaching. The use of COCTS with the Multiple Response Model (MRM) allowed for a good assessment of the attitudinal conceptions of the subjects about the theme from the quantitative and qualitative aspects. We tried to answer the following guiding question: how to insert the STS / STSE approach in the teaching of High Performance Liquid Chromatography (HPLC) in order to make the teaching process of this content contextualized with the students' daily lives, in addition to promoting the critical debate about the socio-environmental theme “Pesticides”? This research is justified by the need to present alternatives to minimize the deficiencies already diagnosed in other works about the teaching and learning process in science, in addition to contributing to the planning and carrying out of an activity with a STS/STSE focus. Through the analysis of these results, improvements in the attitudinal conceptions of the participating students are evident, in which the general average of the index, which ranges from -1 to +1, in the test showed a value of 0.141 and in the retest 0.153, in addition to promoting critical debate about the use of pesticides. Analyzing by category (Adequate, Plausible and Naive), with the exception of the naive category that suffered a small drop (going from 0.030 to -0.006), the appropriate and plausible categories underwent improvements of 0.002 and 0.149, respectively.

It was also noted the need to study more in courses in the area of exact sciences about the definitions of science and technology, since the questions that deal with these definitions presented low indexes in the test, -0.008 for definition of science and -0.071 for definition of technology, as well as debate about their social responsibilities. Finally, it is hoped that the results obtained here can serve as a basis for the production of future research in the area of teacher training with a focus on the CTS / CTSA approach.

Keywords: Education STS/STSE. Pesticide. Chemistry Teaching. Teacher Training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resumo dos tipos de cromatografia	56
Figura 2. Equipamento básico de CLAE. a) reservatório da fase móvel; b) bomba de alta pressão; c) válvula de injeção; d) coluna; e) detector e f) registrador	57
Figura 3 – Resumo da aplicação da métrica para calcular o índice atitudinal em um item do COCTS pelo MRM.....	67
Figura 4 – Exemplo de questão do COCTS	68
Figura 5 – Agrotóxicos com número de detecções superior a 200.....	76
Figura 6 – Grupos químicos de agrotóxicos com maior número de detecções	77
Figura 7 – Estruturas e nomes químicos dos agrotóxicos imidacloprido, acetamiprido e tiametoxam	78
Figura 8 – Fluxograma do método de QuEChERS original.....	81
Figura 9 – Fluxograma do método de QuEChERS aqui utilizado	82
Figura 10 – Esquema de preparação das soluções por diluição	85
Figura 11 – Frascos de eppendorf com os analitos para construção da curva.....	85
Figura 12 – Cromatogramas dos agrotóxicos individualmente (a) e em mistura (b)	86
Figura 13 – Cromatograma de uma amostra de pimentão orgânico.....	87
Figura 14 – Cromatograma nas diferentes concentrações (0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm) para construção da curva	88
Figura 15 – Curvas analíticas que servirão de referência na aula experimental.....	89
Figura 16 – Curva de distribuição normal dos valores de DP	93
Figura 17 – Comparativo entre o teste e reteste das médias gerais das 9 questões aplicadas ..	95
Figura 18 – Comparação dos resultados das questões 10111, 10211 e 10411 por categoria e as pontuações médias gerais por questão.....	99
Figura 19 – Diagramas da questão 30111 sobre as interações ente ciência, tecnologia e sociedade	101
Figura 20 – Comparação dos resultados das questões 20211, 30111, 40131 e 40531 por categoria e as pontuações médias gerais por questão	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre o ensino tradicional e o ensino através da abordagem CTSA	32
Quadro 2 – Resumo das funções características dos professores que praticam a educação CTSA	36
Quadro 3 – Estratégias de ensino-aprendizagem que são usadas na educação CTSA	37
Quadro 4 – Dimensões exploradas nas questões do COCTS selecionadas para esta pesquisa	72
Quadro 5 – Etapas da utilização do Seminário	74
Quadro 6 – Material que será utilizado na aula experimental	81
Quadro 7 – Resumo dos métodos de padronização externa, padronização interna, superposição de matriz e adição padrão	83
Quadro 8 – Questões do COCTS sobre as definições de ciência e tecnologia.....	98
Quadro 9 – Questões do COCTS sobre a sociologia externa da ciência e tecnologia	100
Quadro 10 – Questão do COCTS sobre a sociologia interna da ciência e tecnologia.....	104
Quadro 11 – Questão do COCTS sobre epistemologia	105
Quadro 12 – Questionário complementar.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre a tradição CTSA europeia e norte-americana.....	24
Tabela 2 – Relações da abordagem CTSA na educação	38
Tabela 3 – Classificação dos agrotóxicos quanto o efeito à saúde humana	51
Tabela 4 – Cronograma de execução das atividades do curso de extensão.....	69
Tabela 5 – Gradiente utilizado no método cromatográfico	75
Tabela 6 – Classificação dos agrotóxicos utilizados na pesquisa de acordo com a Regularização de Produtos da Anvisa	78
Tabela 7 – Quantidade dos agrotóxicos utilizados permitida para a cultura de pimentão	79
Tabela 8 – Especificações para a preparação das soluções trabalho	85
Tabela 9 – Distribuição das médias dos índices atitudinais normalizados (-1 a +1) de acordo com as repostas dos sujeitos aos itens do COCTS	91
Tabela 10 – Índices médios para cada uma das perguntas do COCTS aplicadas na pesquisa ..	96
Tabela 11 – Diferenças entre os índices atitudinais finais e iniciais	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APQUA	<i>Aprendizaje de Productos Químicos, sus usos y aplicaciones</i>
C18	Octadecil-sílica
CCD	Cromatografia em Camada Delgada
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CERN	<i>Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire</i>
CGAR	Cromatografia Gasosa de Alta Resolução
CG	Cromatografia Gasosa
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
COCTS	<i>Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>
CP	Cromatografia em Papel
CSC	Cromatografia Líquida e Cromatografia Supercrítica
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
DL	Dose Letal
DP	Desvio padrão
EDC	Resolução da Diretoria Colegiada
ESO	<i>Educación Secundaria Obligatoria</i>
EUA	Estados Unidos da América
EPOR	<i>Programa Empírico del Relativismo</i>
g	Gramma
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
LACEN	Laboratórios Centrais de Saúde Pública
LAQAMB	Laboratório de Química Analítica e Microbiologia Ambiental
LMR	Limite Máximo de Resíduos
LOGSE	<i>Ley Orgánica General de Ordenación del Sistema Educativo</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mL	Mililitro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
mm	Milímetro

MRU	Modelo de Resposta Única
MRM	Modelo de Resposta Múltipla
MS	Ministério da Saúde
nm	Nanômetro
Nutec	Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
OEA	Organização dos Estados Americanos
OEI	<i>Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura</i>
PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos
PLACTS	Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade
PLON	<i>Projeto Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde</i>
PL	Projeto de Lei
ppm	Parte por milhão
QuEChERS	<i>Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe</i>
RPM	Rotações por minuto
SATIS	<i>Science and Technology in Society</i>
SCOPE	<i>Sequence and Coordination da International Assessment of Education Progress</i>
SCOT	<i>Social Construction of Technology</i>
Secitece	Secretaria da Ciência e tecnologia e Educação Superior
SISCON	<i>Science in a Social Context</i>
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
TBA-STs	<i>Teachers' Belief about Science-Technology-Society</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UnB	Universidade de Brasília
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UV	Ultravioleta
VOSTS	<i>Views on Science, Technology and Society</i>
µL	Microlitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Origem do movimento CTSA	20
<i>2.1.1 Origem da tradição europeia.....</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2 Origem da tradição norte-americana.....</i>	<i>26</i>
<i>2.1.3 Movimento CTSA na América Latina</i>	<i>29</i>
2.2 Orientações curriculares CTSA	32
2.3 Estado da arte do enfoque CTSA no ensino de Química no Brasil.....	43
2.4 Agrotóxicos.....	49
<i>2.4.1 Breve contextualização histórica dos agrotóxicos e o cenário de utilização no Brasil</i>	<i>49</i>
<i>2.4.2 Disposições da Anvisa sobre o uso de agrotóxicos e o programa PARA (Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos).....</i>	<i>53</i>
2.5 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)	54
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
3.1 A pesquisa quanti-qualitativa.....	59
3.2 A escolha do Estudo de Caso na pesquisa em Ensino de Química.....	60
3.3 Instrumento de coleta de dados: Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)	61
3.4 Descrição dos integrantes da pesquisa.....	68
3.5 Procedimento no campo de estudo e instrumentos utilizados	69
<i>3.5.1 Questões do COCTS utilizadas na pesquisa</i>	<i>72</i>
<i>3.5.2 Seminário como forma de discussão e avaliação</i>	<i>73</i>
3.6 Condições cromatográficas e escolha do material para a realização da experimentação	75
<i>3.6.1 Agrotóxicos utilizados na aula experimental</i>	<i>75</i>
<i>3.6.2 Escolha do pimentão (Capsicum annuum L.) como matriz de testes</i>	<i>79</i>
<i>3.6.3 Preparação da matriz de testes: método de QuEChERS.....</i>	<i>80</i>

3.6.4 Construção da curva analítica	83
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	91
4.1 Concepções atitudinais do público-alvo no aspecto geral	91
4.2 Concepções atitudinais do público-alvo por questão	95
4.2.1 Definições de ciência e tecnologia	97
4.2.2 Sociologia externa da ciência e tecnologia	99
4.2.3 Sociologia interna da ciência e tecnologia	104
4.3 “Agrotóxicos” como tema pertinente ao debate e a importância da técnica de CLAE	105
4.3.1 A visão dos sujeitos sobre a importância da técnica de CLAE	106
4.3.2 A visão dos sujeitos sobre a relevância do tema “Agrotóxicos”	107
4.3.3 A visão dos sujeitos sobre o uso da experimentação no ensino	109
4.3.4 A visão dos sujeitos sobre a visita técnica realizada ao NUTEC	110
5 CONCLUSÃO.....	111
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	122
APÊNDICE B – ROTEIRO DA AULA EXPERIMENTAL REALIZADA.....	126
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COMPLEMENTAR	130
APÊNDICE D – RESULTADO EXPERIMENTAL INCOMUM OBTIDO POR UMA DAS EQUIPES.....	131
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)	133
ANEXO B – QUESTÕES DO COCTS UTILIZADAS NA PESQUISA	136

1 INTRODUÇÃO

Hoje vive-se em mundo cada vez mais desenvolvido tecnológico e cientificamente, no qual houve mudanças nas formas de se locomover, de estudar, de se comunicar, em que tais transformações influenciaram, inclusive, no desenvolvimento social, político e econômico (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Essa imersão da sociedade em um mundo altamente tecnológico e científico trouxe consigo a falsa ideia de que todos os problemas sociais e culturais seriam resolvidos com o acesso a essas ferramentas, como destaca Santos e Mortimer (2002, p.111): “as sociedades modernas passaram a confiar na ciência e na tecnologia como se confia em uma divindade”.

Existe uma imagem tradicional da ciência e da tecnologia na qual a concepção da relação entre tecnologia, ciência e sociedade se dá pelo aspecto essencialista e apoteótico onde Palacios *et al.*, 2001, p. 120, resumem em uma simples equação que eles mesmos denominam de *modelo lineal de desarrollo* (modelo linear de desenvolvimento): + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social. Ainda segundo os autores, esta concepção está muito presente no mundo acadêmico.

A sociedade toma conhecimento desse desenvolvimento tecnológico e científico através dos meios de comunicação. Mas apesar das diversas notícias sobre os riscos da instalação de usinas nucleares para a produção de energia elétrica, das incertezas acerca do uso de alimentos transgênicos, dos desastres causados pelas indústrias petroleiras, da reciclagem do lixo que ainda é mínima em diversos locais, as pessoas ainda não tomam consciência dos problemas que tais assuntos podem gerar a curto e longo prazo (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Os referidos autores ainda dão destaque para o não conhecimento que a população tem sobre os interesses das grandes corporações em lucrar, disfarçados de desenvolvimento tecnológico e melhorias para o povo.

Palacios *et al.*, (2001, p. 120, tradução do autor) destacam em seus estudos um breve resumo dos mitos do chamado sistema Investigação e Desenvolvimento, ou sistema I+D, sendo

- Mito do benefício infinito: mais ciência e mais tecnologia levarão inexoravelmente a mais benefícios sociais.
- Mito da pesquisa desimpedida: qualquer linha razoável de pesquisa sobre processos naturais fundamentais tem a mesma probabilidade de produzir um benefício social.

- Mito de responsabilidade: arbitragem entre pares, reprodutibilidade de resultados e outros controles de qualidade da pesquisa científica dando conta suficientemente das responsabilidades morais e intelectuais no sistema de I+D.
- Mito de autoridade: a pesquisa científica fornece uma base objetiva para a resolução de disputas políticas.
- Mito da fronteira sem fim: o novo conhecimento científico gerado na fronteira da ciência é autônomo em relação às suas consequências práticas na natureza e na sociedade.

Logo, a ciência na visão clássica só poderia se desenvolver de forma independente perseguindo apenas seus objetivos, que seria descobrir verdades sobre a natureza, permanecendo, assim, livre das influências causadas pelo social. Da mesma forma, a tecnologia também precisa da independência das interferências sociais, para poder se desenvolver de forma autônoma. Com isso, ciência e tecnologia são apresentadas como uma forma de cultura e atividades de valores neutras.

Estudos feitos em sociologia e filosofia da ciência têm mostrado que é errôneo pensar na ciência como superior a outras formas de conhecimento, além do mais que a ideia de uma “ciência pela ciência” vem sendo posta à prova ser inconcebível pelos diversos debates gerados pelas consequências que a ciência e tecnologia têm gerado ao ambiente (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 111).

Os subsídios gerados a partir do âmbito científico-tecnológico deverão possuir um caráter efetivo e ativo, podendo assim, provocar realmente o debate popular, o que permite ao público engajar-se nos diversos problemas que possam surgir, não exclusivamente na decisão final, pois corre o risco dessa decisão já está planejada, o que gera a falsa impressão de participação popular (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Mas, para que isso ocorra, é preciso que a sociedade se envolva nos debates acerca dos assuntos que envolvem o bem comum, e descubra que através de discussões embasadas é possível resolver os conflitos. Não podemos deixar de destacar que, para que isso possa ocorrer, é necessário que haja uma formação tecnológico-científica, logo, com esse pressuposto, tem se desenvolvido um movimento em diversos setores da sociedade chamado de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, mais conhecido pela sigla CTSA (PINHEIRO, 2005).

O movimento CTSA representa um grupo de estudo crítico acerca da visão de natureza tradicionalista, em que a ciência é vista de forma isolada sem levar em conta as implicações para a sociedade, e essencialista, em que se acredita que mais desenvolvimento científico e

tecnológico significam obrigatoriamente mais bem-estar social. No entanto, é importante destacar que “refletir, problematizar essas construções não significa, de forma alguma, uma posição anti-ciência e anti-tecnologia. Pelo contrário, contribui, no nosso entender, para a construção de uma imagem mais realista da atividade científico-tecnológica” (AULER; DELIZOICOV, 2001)

Os estudos em CTSA buscam compreender suas dimensões sociais e até mesmo suas consequências sociais e ambientais, no que diz respeito “tanto no que se refere aos fatores de ordem social e política que modulam a mudança científico-tecnológica, no que se refere as repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança” (PALACIOS *et al.*, 2001, p. 125, tradução do autor).

Com isso, buscou-se na aplicação dessa pesquisa a implementação da abordagem CTSA, no ensino da técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) aplicada em um turma de 14 alunos no componente curricular Metodologia do Ensino de Química na graduação em Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Ceará – *Campus* Maracanaú, semestre 2019.1, durante os meses de abril e maio, analisando como essa técnica poderia ajudar na formação científico-tecnológica dos futuros professores de Química e como poderia tornar o ensino dessa cadeira algo que gere interesse nos estudantes e que possa contribuir para uma formação crítica cidadã relacionadas às atitudes CTSA, e quem sabe eles possam levar aspectos dessa abordagem em suas futuras aulas. Na aula foi trabalhada a técnica de CLAE para análise de agrotóxicos em amostras de pimentão (*Capsicum annuum* L.), o que abordado na visão do CTSA gerou um debate reflexivo sobre o uso dessas substâncias para combater pragas.

Surgiu então o seguinte questionamento norteador: como inserir o enfoque CTSA no ensino de CLAE visando tornar o processo de ensino desse conteúdo contextualizado com o cotidiano dos educandos, além de promover o debate crítico acerca da temática socioambiental “Agrotóxicos”?

Estudos empíricos apontados por Alonso *et al.*, (2006a) mostram dados consolidados de que os alunos não conseguem compreender de forma clara e apropriada os conteúdos relacionados à natureza e finalidades da ciência, sendo denominados, de forma generalizada e ampla, de estudos sobre as questões relacionadas à ciência, tecnologia e sociedade. Os referidos autores ainda apontam a bibliografia de estudos que corroboram com a discussão levantada na

Espanha como também em outros países, o que mostra a necessidade de incorporar a abordagem CTSA na prática de ensino.

A alfabetização científica, que possui como finalidade a educação científica, vem sendo debatida já a algum tempo, e essa discussão estar em consonância com as reformas educacionais que estão se desenvolvendo e sendo implantadas em diversos países durante os últimos anos, o que fez com que o debate internacional para uma educação científica e tecnológica de qualidade e como aspecto básico e essencial na educação de todas as pessoas fosse reavivado (ROIG, *et al.*, 2010).

Os autores supracitados ainda destacam o fato de diversos informes sobre política educativa de instituições internacionais, como a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) e *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (OEI), remeterem constantemente à máximas como educação científica e tecnológica, educação de fácil acesso público, ciência para todos e educação CTSA.

A necessidade de alfabetizar científica e tecnologicamente a sociedade pode-se justificar por razões tais como socioeconômicas e culturais, de autonomia pessoal, de utilidade para a vida cotidiana, democrática para a participação social nas decisões sobre assuntos de interesse público relacionados à ciência e tecnologia, etc. (ROIG, *et al.*, 2010, p. 15, tradução do autor).

Diante do exposto até aqui, pelos problemas na defasagem no ensino com relação ao papel da ciência e suas relações com a sociedade e ambiente, pelas políticas que vêm sendo implantadas em diversos países nos últimos anos e pelas máximas propagadas por políticas educacionais de organizações internacionais para a educação científica e tecnológica, além da necessidade de formação crítico-social debatida pelos autores anteriormente citados, percebeu-se a necessidade de se investigar o uso da abordagem CTSA como uma alternativa ao ensino para a cidadania, para desenvolver a criticidade do aluno e desmistificar a visão tradicionalista e essencialista da ciência.

Para a realização desta pesquisa partiu-se da seguinte hipótese:

- A utilização do tema socioambiental “Agrotóxico” no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química no curso de Licenciatura em Química do IFCE – Campus Maracanaú para se trabalhar o conteúdo de CLAE através da abordagem CTSA

contribui para a reflexão crítica dos sujeitos acerca da temática, e como consequência, ajuda a provocar mudanças atitudinais

Tendo em vista contribuir para a melhoria do ensino da técnica de CLAE e a compreensão das relações entre ciência, tecnologia sociedade e ambiente, a pesquisa possui o seguinte objetivo geral: analisar o desenvolvimento de uma intervenção pedagógica para abordar a temática de “Agrotóxicos” com enfoque CTS/CTSA, articulado ao conteúdo da Técnica de Análise de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, na formação inicial de professores de Química.

Destacam-se como objetivo específicos: avaliar as concepções atitudinais dos sujeitos da pesquisa no que diz respeito às relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; Promover uma discussão da temática “Agrotóxicos”, utilizando Seminário, de forma a proporcionar uma relação entre a técnica de CLAE e sua importância para os estudantes do curso de Licenciatura em Química, além da contribuição para o seu aprendizado, atribuindo um significado; Verificar se houve mudanças de concepções atitudinais dos alunos relacionadas à visão crítica da ciência e tecnologia e suas relações com a sociedade e o ambiente.

Quanto à organização da dissertação, a partir desse ponto ela se divide em quatro seções principais. Na primeira, é apresentada a fundamentação teórica do trabalho, abordando desde a origem do movimento CTS/CTSA na Europa e EUA e posteriormente na América Latina, passando pelo desenvolvimento desse movimento na educação e suas orientações curriculares, bem como seu enfoque no ensino de Química no Brasil. A seção também aborda o uso de agrotóxicos no Brasil e um breve apanhado histórico sobre a técnica de CLAE. Na segunda seção são apresentados os procedimentos metodológicos adotados. Utilizou-se a pesquisa do tipo quanti-qualitativa com a utilização do Estudo de Caso. Foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: 9 questões do questionário COCTS e um questionário subjetivo contendo 4 questões. A seção também trata sobre as condições cromatográficas da aula experimental, os agrotóxicos utilizados, a matriz de teste escolhida (pimentão) e a construção da curva analítica. A terceira seção apresenta, analisa e discute os resultados obtidos embasados no referencial teórico. Por fim, na última seção, são apresentadas as conclusões da pesquisa, bem como sugestão para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para abertura dessa discussão iremos esclarecer acerca da utilização da sigla CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Alguns autores começaram a acrescentar o “A” de “Ambiente” à sigla, não por achar que essa temática não estaria abordada na discussão do movimento, mas por acreditarem que com o acréscimo da letra, se daria uma atenção maior (SANTOS; AULER, 2001, p. 179-180, *apud* VACHESKI, 2016). No sentido de se adequar à “modernização” da sigla, se assim podemos dizer, resolvemos utilizar a sigla CTSA.

2.1 Origem do movimento CTSA

Como já comentado, o movimento CTSA configura uma corrente de estudos críticos acerca da natureza essencialista e tradicionalista da ciência. Essa visão tradicionalista, em que a ciência e a tecnologia deveriam se desenvolver de forma autônoma, sem sofrer interações políticas ou sociais, foi algo que ocorreu logo após a Segunda Guerra Mundial, pois era um período em que criou-se muitas expectativas com relação às possibilidades de desenvolvimento da ciência e tecnologia, o que gerou a necessidade de apoiá-lo de forma incondicional (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Os autores destacam como expressões desse período o primeiro computador eletrônico, o ENIAC (1946); os pioneiros transplantes de órgãos, a exemplo, o transplante de rim, realizado em 1950; o início do uso de fontes de energia baseada na fissão de átomos, a energia nuclear; para o transporte, citando como exemplo o submarino da Marinha dos Estados Unidos, USS Nautilus (1954), primeiro submarino nuclear; o desenvolvimento da pílula anticoncepcional (1955), entre outros.

A reivindicação desse manifesto de autonomia do desenvolvimento da ciência frente a influência da sociedade surgiu inicialmente com Vannevar Bush, um influente cientista norte-americano que dirigiu o *Office of Scientific Research and Development* (Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico), durante a Segunda Guerra Mundial, e que atuou como personagem principal na execução do Projeto Manhattan para o desenvolvimento das bombas atômicas (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Em seu relatório, Bush apresenta as linhas principais da futura política norte-americana científico-tecnológica, salientando o modelo linear de desenvolvimento:

O bem-estar nacional depende do financiamento da ciência básica e do desenvolvimento sem interferência da tecnologia, bem como da necessidade de manter a autonomia da ciência para que o modelo funcione. Consequentemente, o crescimento econômico e o progresso social viriam (PALÁCIOS *et al.*, 2001, p. 122, tradução do autor).

Logo, pode-se observar que o interesse do desenvolvimento científico era o de não sofrer interrupções ou questionamentos, fazendo assim com que o modelo imposto funcionasse, e que caso assim permanecesse, o crescimento econômico e o progresso do bem-estar social viriam como resultados, só não se possuía a preocupação com as consequência negativas que poderiam surgir.

Após esse período, o exemplo dos Estados Unidos passaria a ser seguido por todos os outros Estados ocidentais industrializados durante a Guerra Fria, o que implicou no envolvimento de financiamentos da ciência para a corrida armamentista e as guerras do Vietnã e Coreia (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Como exemplo, os autores citam a criação, na Suíça, do CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), Centro Europeu de Investigação Nuclear, em 1954, como uma forma de resposta europeia ao desenvolvimento internacional em investigação nuclear.

Após cessar o otimismo levantando pelo promissor modelo linear de desenvolvimento, o mundo, como era de se esperar, testemunhou diversos acontecimentos desastrosos e sucessivos com relação a ciência e tecnologia, em especial, ao final da década dos anos 50, sendo eles: despejos indevidos de resíduos poluentes, acidentes nucleares, intoxicação farmacêutica, derramamentos de petróleo, etc., o que fez com que se confirmasse a necessidade de revisar a política científica-tecnológica em vigor e se pensasse nas relações que estas possuíam com a sociedade (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Tudo isso fez com que

[...] as autoridades públicas desenvolvessem e aplicassem uma série de instrumentos técnicos, administrativos e legislativos para canalizar o desenvolvimento científico e tecnológico e monitorar seus efeitos na natureza e na sociedade. O estímulo à participação pública será uma constante nas iniciativas institucionais relacionadas à regulação da ciência e tecnologia (PALÁCIOS *et al.*, 2001, p. 123, tradução do autor).

A partir daí o movimento CTSA tomou importância de meados de 1960 a início de 1970, destacando-se como uma de suas temáticas “a necessidade de o cidadão conhecer seus direitos e obrigações, de pensar por si próprio e de ter uma visão crítica da sociedade onde vive, e especialmente de ter a disposição de transformar a realidade para melhor” (PINHEIRO, 2005, p. 2). “Os estudos da CTSA hoje definem um novo e heterogêneo campo de trabalho, embora bem consolidado, de natureza crítica em relação à imagem essencialista tradicional da ciência e da tecnologia”, Palácios *et al.*, 2001 (p. 125, tradução do autor). Esse movimento surgiu como uma resposta ao sentimento crescente de que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia não tinham uma relação unidimensional com o bem-estar comum, como se fez acreditar desde o século XIX e com renovação depois da Segunda Guerra Mundial (VON LINSINGEN, 2007).

Um marco importante no surgimento do movimento CTSA e sua ação reflexiva foi a publicação, em 1962, de duas obras literárias de suma importância: o livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) da bióloga Rachel Carson, em que a autora expõe os riscos à saúde associados ao uso indiscriminado do agrotóxicos DDT (sigla de diclorodifeniltricloroetano), o que estimula a reação dos movimentos sociais; e *A estrutura das revoluções científicas*, do historiador Thomas Kuhn, em que o mesmo aborda novos enfoques para a atividade científica, o que confronta a concepção tradicionalista (VON LINSINGEN, 2007).

Até mesmo anteriormente ao surgimento desse movimento, já havia pessoas que discutiam sobre o papel da ciência e da tecnologia para a sociedade, no entanto, o enfoque maior era dado ao significado do que era a atividade científica em si, para que se pudesse definir o método científico e distinguir o que era e o que não era considerado ciência (PINHEIRO, 2005). A autora ainda destaca que “Esse entendimento faz com que não se levem em conta as questões históricas ou as relações entre a atividade científica e os contextos sociais em que ela se desenvolve, supondo que a ciência é neutra em relação ao contexto histórico-social” (PINHEIRO, 2005, p. 29). Palacios *et al.*, (2001) destacam que

O aspecto mais inovador dessa nova abordagem é encontrado na caracterização social dos fatores responsáveis pela mudança científica. Geralmente é proposto compreender a ciência-tecnologia, não como um processo autônomo ou atividade que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu ótimo funcionamento (resultante da aplicação de um método cognitivo e um código de conduta), mas como um processo ou produto, inerentemente social, onde elementos não-epistêmicos ou técnicos (por exemplo, valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas, etc.) desempenham um papel decisivo na gênese e consolidação de ideias científicas e artefatos tecnológicos (p. 125-126, tradução do autor).

O movimento tem ainda, como um de seus pressupostos, destacar que a ciência e a tecnologia possuem um papel social de importância, no qual se necessita desenvolver avaliações críticas e análises de forma imparcial e reflexiva acerca do vínculo científico-tecnológico e a coletividade (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Essa criticidade é necessária, pois no geral a sociedade ainda acredita que quanto maior a produção de conhecimento científico, maior será a produção tecnológica, o que, supostamente, aumentará o desenvolvimento da nação, e como consequência, o bem-estar comum. Esse tipo de pensamento que foi descrito acima é chamado por Palacios *et al.*, (2001) de desenvolvimento linear. Essa ideia é reforçada por Bazzo (1998, p. 145), *apud* Pinheiro (2005, p. 29), afirmando que existe a “crença de que a ciência se traduz em tecnologia, a tecnologia modifica a indústria e a indústria regula o mercado para produzir o benefício social”.

Em seu início, como aponta Palacios *et al.*, (2001), o movimento CTSA tem se desenvolvido em três direções principais: pesquisa, política pública e educação. No campo da pesquisa, os estudos CTSA surgiram como um levantamento reflexivo sobre o desenvolvimento acadêmico tradicional nos campos da ciência e tecnologia, e que possui como objetivo promover uma nova visão, que não seja essencialista, e que possa ser contextualizada para os setores não acadêmicos, traduzindo-se como atividade científica socialmente palatável, se assim podemos dizer.

No campo da política pública, os estudos em CTSA foram baseados na defesa da criação de formas de regulamentação social da ciência e da tecnologia, o que pudesse se traduzir na criação de mecanismos democráticos que pudessem facilitar a abertura de processos decisórios nas questões relativas às políticas científico-tecnológicas, o que garantiria maior participação social na tomada de decisões.

No campo educacional, a nova imagem da ciência e tecnologia na sociedade tem proporcionado o surgimento de programas e assuntos de CTSA na educação secundária bem como na universitária em muitos países. A criação desses programas de ensino pautados nos preceitos desse movimento é importante, pois educando a sociedade acerca dessa temática, os campos das políticas públicas e da pesquisa podem melhor se desenvolverem, pois, a população poderá se educar cientificamente.

Com o exposto até aqui, com intuito de conhecer e analisar a extensão da ciência e da tecnologia dos pontos de vista social e histórico, e também para avaliar o modelo linear de desenvolvido que havia se estabelecido até então, começaram a surgir vertentes da CTSA na Europa e Estados Unidos (PINHEIRO, 2005). Na origem europeia, o estudo era realizado em caráter das mudanças sociais do binômio ciência-tecnologia, enquanto a tradição de origem norte-americana estava centrada nas consequências ambientais e sociais com campo científico-tecnológico e seus problemas éticos (PALACIOS *et al.*, 2003). A Tabela 1 apresenta o resumo dessas duas vertentes. Mais adiante, será abordado mais detalhadamente o surgimento do movimento CTSA nas origens Europeia, Norte-Americana e o surgimento do movimento na América Latina.

Tabela 1 – Diferenças entre a tradição CTSA europeia e norte-americana.

Tradição europeia	Tradição norte-americana
Institucionalização acadêmica na Europa (em suas origens)	Institucionalização administrativa e acadêmica nos Estados Unidos (em suas origens)
Ênfase nos fatores sociais antecedentes	Ênfase nas consequências sociais
Atenção maior à ciência, e olhar secundário à tecnologia	Atenção maior à tecnologia com olhar secundário à ciência
Possui caráter teórico e reflexivo	Caráter prático e valorativo
Quadro explicativo: ciências sociais (sociologia, psicologia, antropologia, etc.)	Estrutura avaliativa: ética, teoria da educação, etc.

Fonte: adaptado de Palacios *et al.*, (2001, p. 128, tradução do autor)

2.1.1 Origem da tradição europeia

A tradição de origem europeia se originou através do chamado “Programa Forte” da sociedade do conhecimento científico, realizado nos anos 1970, na Universidade de Edimburgo (Escócia), por autores como Barry Barners, David Bloor e Steven Shapin (CEREZO, 1998). Segundo o autor, a vertente europeia, de forma tradicional, salientou os estudos dos antecedentes sociais ou condicionantes da ciência, fazendo isso principalmente a partir do marco das ciências sociais, o que a torna uma tradição de investigação mais do que de cunho educativo ou de divulgação. É o que Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009, p. 5) define como sendo

[...] uma tradição de investigação acadêmica [...], tendo como principais conhecimentos formadores de sua base as ciências sociais, dentre elas a sociologia, a antropologia e a psicologia. Põe ênfase na dimensão social antecedente ao desenvolvimento científico-tecnológico, centrando-se na explicação da origem das teorias científicas e, portanto, da ciência como processo.

Segundo Palácios *et al.*, (2003), são várias as escolas ou programas que podem se encaixar dentro desta tradição, sendo as principais: o *Programa Empírico del Relativismo* EPOR (Programa Empírico de Relativismo), o SCOT (*Social Construction of Technology*) ou Construção Social de Tecnologia, bem como extensões novas do Programa Forte. Vejamos um pouco sobre elas.

A Escola Forte, anunciada por David Bloor, é um programa que pretende estabelecer os princípios de uma explicação satisfatória da natureza e mudança do conhecimento científico, sendo, nesse sentido, não apenas um programa complementar às abordagens filosóficas

tradicionais (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Os autores apresentam os seguintes princípios do Programa Forte, de acordo com David Bloor:

1. Causalidade: uma explicação satisfatória de um episódio científico deve ser causal, isto é, deve focar as condições efetivas que produzem crenças ou estados de conhecimento.
2. Imparcialidade: deve ser imparcial em relação à verdade e falsidade, racionalidade e irracionalidade, sucesso ou fracasso. Ambos os lados dessas dicotomias exigem explicação.
3. Simetria: deve ser simétrica em seu estilo de explicação. Os mesmos tipos de causas devem explicar crenças falsas e verdadeiras.
4. Reflexividade: suas diretrizes explicativas devem ser aplicáveis à própria sociologia. (PALÁCIOS *et al.*, 2001, p. 21, tradução do autor).

Dessa forma, Bloor apresenta seu programa originalmente como uma ciência da ciência, como um estudo empírico da ciência. Somente a partir da ciência, particularmente a Sociologia, é possível explicar adequadamente as particularidades do mundo científico. Isso mostra que o programa possui uma visão macrossocial e amplo, de modo a explicar como a diversidade dos fatores sociais exercem influência no contexto científico-tecnológico (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Palácios *et al.*, (2001) mostram que logo os sociólogos do conhecimento científico se propuseram a pôr em prática o Programa Forte, aplicando-o à reconstrução sociológica de diversos acontecimentos da história da ciência, dentre eles: o desenvolvimento da estatística, inteligência artificial, a controvérsia de Hobbes-Boyle, a investigação de quarks, o registro de ondas gravitacionais, a origem da mecânica quântica, etc.

Após Bloor apresentar o programa supracitado, foi desenvolvido posteriormente por um programa mais concreto postulado por Harry Collins, na Universidade de Bath, no início dos anos oitenta, o EPOR (Programa Empírico de Relativismo), centrado no estudo empírico de controvérsias científicas (PALÁCIOS *et al.*, 2001). Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009, p. 5) destacam três grandes contribuições desse programa para o desenvolvimento científico-tecnológico:

- a) a flexibilidade interpretativa dos resultados experimentais mostra que os descobrimentos científicos são susceptíveis de mais de uma interpretação; b) ao desvendar os mecanismos sociais, retóricos, institucionais, etc., que limitam a flexibilidade interpretativa, tal contexto favorece o fechamento das controvérsias científicas, promovendo o consenso em torno do que é a verdade em cada caso; c) os mecanismos de fechamento em torno da verdade sobre as controvérsias científicas relacionam-se com o meio sociocultural e político mais amplo.

A partir dessas contribuições, Palácios *et al.*, (2001) apontam que diferente das teses da Escola de Edimburgo, não é necessário deixar a própria ciência para esclarecer a contribuição

social de um fato científico estabelecido, e que essa abordagem enfatiza o enfoque microsocial, começando por descrever, por exemplo, a prática científica nos próprios lugares onde ela acontece: os laboratórios.

Partindo da sociologia do conhecimento tem se desenvolvido diferentes enfoque para s analisar a tecnologia, como por exemplo o SCOT (construção social da tecnologia), derivado do programa EPOR, já mencionado aqui. Enquanto o EPOR é um programa elaborado pela sociologia do conhecimento científico, que através de uma ótica social trata de estabelecer a estrutura final do conhecimento científico, o SCOT parte da premissa de que o desenvolvimento tecnológico pode ser descrito como um processo de variação e seleção. De acordo com Palácios *et al.*, (2001) os autores procuram explicar o porquê de no momento da construção dos modelos multidirecionais algumas variáveis sobrevivem e outras não.

Assim como explica Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009), existem outras propostas em CTSA que continuam surgindo da Europa, no entanto, foram selecionados os pontos em que essa tradição se detém, no que tange às relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Nessa perspectiva, de acordo com Gonzáles *et al.*, (1996), *apud* Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009), pode-se resumir alguns pontos considerados importantes que a tradição europeia aponta, que são: institucionalização acadêmica na Europa (em sua origem); ênfase nos fatores sociais antecedentes; atenção à ciência e, secundariamente à tecnologia; caráter teórico e descritivo; marco explicativo: ciência sociais.

2.1.2 Origem da tradição norte-americana

Segundo aponta Cerezo (1998), a tradição CTSA norte-americana possui como foco de concentração as consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos, negligenciando em geral o contexto de tais produtos. Ainda segundo o autor, é uma tradição voltada muito mais para o lado ativista e bastante envolvida com movimentos sociais que ocorreram durante os anos 60 e 70.

Olhando através da visão acadêmica, o quadro de estudo é basicamente constituído pelas humanidades (filosofia, história, teoria política, etc.), e a consolidação institucional dessa tradição ocorreu através da educação e da reflexão política (CEREZO, 1998). Frente à tradição europeia que usa como marco as ciências sociais (Programa Forte, EPOR, SCOT), a tradição norte-americana recorre a uma reflexão ética, a análises políticas e, em geral, a um marco de caráter humanístico (PALÁCIOS *et al.*, 2001). O movimento pragmático norte-americano e

obras de ativistas ambientais e sociais como R. Carson, já mencionada aqui, e E. Schumacher são o ponto de partida desse movimento nos EUA (CEREZO, 1998). Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009, p. 6) definem:

As preocupações expostas nessa origem centram-se mais nas consequências sociais e ambientais que o desenvolvimento científico-tecnológico pode causar. Ela enfatiza as consequências sociais das inovações tecnológicas e sua influência sobre nossas formas de vida e suas relações com o meio, por isso sua relevância maior é defender a participação cidadã nas políticas públicas sobre ciência e tecnologia.

Com isso, são estabelecidos três importantes argumentações para defender a participação pública no contexto científico-tecnológico: o argumento instrumental, no qual é defendida a participação popular como sendo a melhor forma de garantir e evitar as possíveis resistências e desconfianças; o argumento normativo, que defende que os cidadãos são os mais aptos a defenderem e julgarem seus próprios interesses; o argumento substantivo, em que são considerados válidos os posicionamentos dos leigos tanto quanto os dos especialistas (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Autores como D. Nelkin, L. Winner, K. Shrader-Frechette, D. Collin-gridge e S. Carpenter propuseram várias elaborações teóricas como também de propostas práticas, chegando em alguns casos ensaiadas institucionalmente, para aprofundar de forma democrática a regulação social da mudança científico-tecnológica, como mostram Palácios *et al.*, (2001). Os autores apontam isso como uma forma de resposta à crescente sensibilização e ativismo social em cima dos problemas relacionados a políticas de inovação tecnológica e intervenção ambiental, o que não é surpresa que a participação pública nesse tipo de política seja percebida não só por autores do movimento CTSA, mas também por governos e cidadão comuns.

A priori, o cerne da questão não é o de impor limites ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia ou determinar algum tipo de controle político ou social dos trabalhos realizados por cientistas e engenheiros, mas renegociar as relações estabelecidas entre ciência e sociedade: estabelecer a tarefa de decidir sobre os objetivos políticos em ciência e tecnologia e a quem cabe a tarefa de inspecionar sua conformidade; os lemas dessa renegociação são amplamente conhecidos: “participação popular”, “ciência para o povo”, “tecnologia na democracia”, etc. (PALÁCIOS *et al.*, 2001, p. 135).

A literatura sobre participação pública, no geral, aponta para um conjunto de critérios que permitem avaliar a natureza democrática das iniciativas de gestão pública com relação à política científica-tecnológica. Palácios *et al.*, (2001, p. 135-136, tradução do autor) pontuam:

- Caráter representativo: deve haver ampla participação no processo decisório. Em princípio, quanto maior o número e a diversidade de indivíduos ou grupos envolvidos, mais democrático pode ser considerado o mecanismo participativo em questão.
- Caráter igualitário: deve permitir a participação do cidadão em pé de igualdade com especialistas e autoridades governamentais. Isso implica, entre outras coisas, a transmissão de todas as informações, a disponibilidade de meios, a não-intimidação, a igualdade de tratamento e a transparência no processo.
- Caráter efetivo: deve se traduzir em uma influência real nas decisões tomadas. Para isso, é necessário que haja uma delegação de autoridade ou um acesso efetivo àqueles que a possuem.
- Caráter ativo: deve permitir que o público participante se envolva ativamente na definição dos problemas e no debate de seus principais parâmetros, e não apenas para considerar reativamente suas opiniões no campo das soluções. Trata-se de promover uma participação integral na qual não há portas fechadas antecipadamente.

Os autores ainda apontam que existem duas grandes teorias da democracia em relação à questão da participação pública na gestão da política científico-tecnológica: o pluralismo e a teoria da participação direta. A primeira se baseia nas ações de grupos organizados voluntariamente, em que os cidadãos aparentam se unir e apoiá-los para impulsionar seus interesses, de modo que o governo democrático seja visto como funcionamento livre e bem-sucedido desses grupos através da interação entre si e com o governo. A segunda, por sua vez, consiste na noção de que a governança democrática implica a participação de indivíduos tais como estabelecimento de diferentes políticas. Ambas as teorias possuem pontos em comum, como por exemplo a exigência de os cidadãos participarem de forma mais ampla, não apenas depositando um voto numa urna e delegando toda à elite de políticos e ao estado administrativo, mas também há divergências. Os pluralistas estão voltados para as ações em grupos, em contrapartida a teoria da participação direta está voltada para os indivíduos.

Assim como na origem europeia, González *et al.*, (1996) *apud* Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009), apontam alguns pontos importantes da tradição CTSA norte-americana, são eles: institucionalização administrativa e acadêmica nos Estados Unidos (em sua origem); ênfase nas consequências sociais; atenção à tecnologia e, de forma secundária à ciência; caráter prático e valorativo; marco avaliativo: ética, teoria da educação entre outras.

O autor supracitado ainda aponta o seguinte comparativo dentre as duas tradições até aqui apresentadas: a norte-americana está mais voltada para a busca de identificar os efeitos sociais das tecnologias, ao passo que a europeia investiga o caráter dos processos das mudanças científicas.

Podemos dizer que as duas tradições buscam um mesmo objetivo, que é o de ultrapassar a visão positivista, herdada e tradicional, do que constitui a ciência e a

tecnologia, objetivando cada vez mais compreender as relações existentes entre elas e a sociedade, oferecendo uma nova concepção sobre o que consiste na relação entre ciência-tecnologia-sociedade. Ambas as tradições, visam ao caráter social da ciência e da tecnologia, procurando ultrapassar a ciência como conhecimento autônomo e a tecnologia como aplicação direta da primeira. É possível verificar também, preocupações com a necessidade de mudança cultural, de postura perante o universo científico-tecnológico. Destaca-se nas duas tradições, a necessidade de se promover a participação pública dos cidadãos nas decisões que orientam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, para que a democracia esteja sempre presente na solução dos problemas (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009, p. 8).

Logo, é possível observar nas duas tradições a expectativa de que através dos preceitos da CTSA se possa superar a visão ludibriante da ciência e da tecnologia, podendo incorporá-las de forma mais amplas na sociedade, sendo isso possível apenas quando as pessoas possuírem o poder de tomada de decisão, de refletir, de criticar, e de poder questionar de forma eficiente o expressão sua opinião a respeito dos mais diversos assuntos que envolvem seus interesses pessoal e coletivo.

2.1.3 Movimento CTSA na América Latina

Se na Europa o movimento denominado CTSA se originou a partir da convergência da sociologia da ciência, que com um enfoque institucional desenvolvido por Merton a partir dos anos 30, por um lado, e por outro, da relação entre ciência e poder destacada por Bernal nos mesmos anos, como também do desenvolvimento de Solla Price reivindicando uma abordagem interdisciplinar que postulou uma “ciência da ciência”, na América Latina, a origem do movimento se encontra na reflexão da ciência e tecnologia como uma competência das políticas públicas (VACCAREZZA, 1998). Alguns nomes são fundamentais nesse pensamento: Jorge Sábato, Amílcar Herrera, César Varsavsky, Miguel Wionseck, Máximo Halty, Francisco Sagasti, Osvaldo Sunkel, Marcel Roche, José Leite Lopes, dentre outros.

O movimento latino-americano nasceu no final da década de 60 como uma crítica diferenciada da situação da ciência e tecnologia e de alguns aspectos da política. Entre meados dos anos de 1950 a 1960, organizações internacionais como a UNESCO e a OEA (Organização dos Estados Americanos) tornaram-se pontes institucionais cruciais para a introdução de políticas de ciência e tecnologia na América Latina. Isso se traduz como uma transferência relativamente acrítica das experiências europeias pós-guerra que levaram a reduzir a lacuna entre ciência e tecnologia com os Estados Unidos. (VACCAREZZA, 1998).

Os fatos mencionados acima geraram conseqüentemente a criação de conselhos nacionais de ciência e tecnologia e de organizações setoriais de pesquisa e tecnologia, na

formulação de planos específicos, constituição de burocracia estatal da área, e elaboração de diagnósticos e instrumentos de planejamento e gestão. A entrada de investimento multinacional a partir desses anos sinalizou a difusão de políticas específicas para a importação de tecnologias, o que gerou resultados negativos em relação à difusão da ciência e tecnologia nativas. (VACCAREZZA, 1998).

Mesmo não fazendo parte de fato de uma comunidade definidamente caracterizada como CTSA, isso se configurou como sendo um pensamento latino-americano em política de ciência e tecnologia (VACCAREZZA, 1998), o que Von Linsingen (2007) identifica posteriormente como sendo o “Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade” (PLACTS), e apresenta como autores representantes o químico argentino Oscar Varsavsky, o geólogo, também argentino, Amílcar Herrera, o físico argentino Jorge Sábato, o uruguaio Máximo Halty e o médico venezuelano Marcel Roche, dentre outros.

Os trabalhos desenvolvidos pelo PLACTS, escritos principalmente por cientistas e engenheiros, estavam focados na busca de caminhos e instrumentos para o desenvolvimento local do conhecimento científico e tecnológico, de modo a satisfazer as necessidades da região. O objetivo daquela geração de pensadores, que foi parcialmente alcançado, consistiu em tornar a ciência e tecnologia um objeto de estudo público, um tópico ligado a estratégias de desenvolvimento social e econômico (VON LINSINGEN, 2007, p. 7).

Isso mostra que a PLACTS estava sintonizada com as tradições europeias e norte-americanas, no sentido de que tratava a ciência e tecnologia como processos sociais com atribuições características e vinculadas ao contexto no qual estava inserido, partilhando, assim, do pensamento de não-neutralidade e não-universalidade da ciência e tecnologia. (VON LINSINGEN, 2007).

As produções que tratam sobre o CTSA na América Latina são marcadas pela característica em sua confrontação em relação à visão otimista relacionada à ciência e à superação do estado de subdesenvolvimento, levando em consideração que as relações e processos ocorridos em meio a atividade científica são transpassados por valores sociais e políticos, o que deu um caráter relativista a algumas obras (SILVA, 2015).

Silva (2015) ainda destaca que um dos desdobramentos principais do CTSA na América Latina foi seu foco nas políticas de ciências e tecnologia. As propostas realizadas nessa área se firmaram em quatro pontos principais, conforme apontam Dagnino, Thomas e Davyt (1996): ofertismo, vinculação, transferência de tecnologia e autonomia restringida.

Silva (2015) aponta o ofertismo como sendo o cenário em que os conhecimentos importantes para a nação seriam definidos pelas instituições de ciências e tecnologia, no qual estes conhecimentos seriam espontaneamente transferíveis para a sociedade e cadeia produtiva. Como exemplo é citado a criação de conselhos nacionais de ciência e tecnologia no início da década de 60, que possuem como objetivo criar autonomia para a tomada de decisão em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

O modelo ofertista não funcionou, então foi criado um que seria a complementação do que faltara, a vinculação, em que as instituições de ciência e tecnologia iriam criar vínculos com a cadeia produtiva do país através de instituições intermediárias de transferência. Isso foi criado com a ideia de que seria o passo certo para a criação de inovações que poderiam findar na condição de independência tecnológica, pois a produção científica estaria agregada à produção de tecnologias. (SILVA, 2015).

O terceiro ponto sobre o desenvolvimento CTSA na América Latina é a transferência de tecnologia. Esse ponto não se desenvolveu como esperando, pois enquanto se propunha a vinculação das instituições científicas e tecnológicas com os meios produtivos para que, assim, pudesse ocorrer um desenvolvimento tecnológico independente, melhorando o desempenho das indústrias latino-americanas no mercado internacional, o que se verificava, na prática, era uma política que continuava a depender de países desenvolvidos através de transnacionais, o que cravava mais ainda a dependência tecnológica (SILVA, 2015).

Por fim, o quarto ponto, autonomia restringida, está pautado na ideia de que seria impossível executar um plano de desenvolvimento científico e tecnológico de forma autônoma no cenário latino-americano, porém, para alguns setores produtivos isso seria possível e viável pôr em prática (SILVA, 2015).

Para finalizar, Silva (2015) aponta que uma outra característica do CTSA presente na América Latina é que ele não possui uma herança, de uma escola própria, no qual é possível perceber grandes diferenças em sua estruturação, questões e teorias quando comparadas às tradições CTSA de origem europeia e norte-americana. “Sua vinculação com a sociedade se dá no contexto do desenvolvimento social e de políticas de ciência e tecnologia, centrando-se em considerações sobre o atraso da América Latina” (SILVA, 2015, p. 27).

2.2 Orientações curriculares CTSA

O campo educacional não está imune às correntes de ativismos sociais e de pesquisa acadêmica que, desde o fim da década de 1960, reclamaram uma nova forma de compreender a ciência e a tecnologia, e uma nova maneira destas se relacionarem com a sociedade. Isso ocasionou nos anos de 1970 o surgimento de diversas propostas para a consolidação de uma abordagem com mais criticidade e contextualizada do ensino de ciências e temas transversais à ciências e tecnologia, tanto no ensino médio quanto no ensino superior, e isso se trata da Educação CTSA (CEREZO, 1998).

Não se pode discordar que a abordagem CTSA é uma ótima ferramenta para a formação científico-tecnológica, principalmente no que diz respeito à formação cidadã do estudante. O enfoque CTSA objetiva trabalhar a realidade do aluno, e que a partir disso, possa agir sobre o seu meio, modificando-o partindo de suas próprias reflexões e/ou decisões coletivas, como aponta Chrispino (2017): “Não se espera que a Abordagem CTS seja mais uma técnica didática, mas, sim, uma cultura: a cultura CTS que se manifesta em qualquer técnica de ensino ou manifestação docente” (CHRISPINO, 2017, p. 81).

Temos defendido que a Abordagem CTS é uma maneira de abordar o currículo escolar ou mesmo de posicionar-se frente à Educação e ao mundo real, nos seus mais diversos aspectos. Mais do que uma técnica (pois não é uma ferramenta didática que conduz a um fim de aprendizado específico para encerrar-se logo após), nem uma metodologia (pois que abarca aspectos muito mais amplos que aqueles que caracterizam uma metodologia), CTS é uma abordagem curricular e uma escolha de política educacional. A isso classificamos de Educação CTS (CHRISPINO, 2017, p. 81-82).

O autor ainda ressalta que a CTSA não é a solução para todos os problemas educacionais, mas uma outra possibilidade de se fazer educação, de organizar e multiplicar os conhecimentos, independente das dificuldades impostas pelo meio em que se estar inserido (CHRISPINO, 2017). Yager publicou, durante os anos de 1991, 1992, 1993, 2000 e 2008, estudos sobre a educação tradicional e a educação CTSA, em que Yager e Akcay (2008, p. 4, tradução do autor), nos apresentam um comparativo entre essas duas abordagens, como pode-se observar no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparativo entre o ensino tradicional e o ensino através da abordagem CTSA
(continua)

Ensino tradicional	Ensino CTSA
Levantamento dos principais conceitos encontrados em livros-texto padrão	Identificação de problemas com interesse/impacto local/pessoal

Quadro 1 – Comparativo entre o ensino tradicional e o ensino através da abordagem CTSA (conclusão)

Ensino tradicional	Ensino CTSA
Uso de laboratórios e atividades sugeridas no livro didático e no manual de laboratório que o acompanha	Uso de recursos locais (humanos e materiais) para localizar informações e resolver problemas/questões
Os alunos constroem passivamente informações fornecidas pelo professor e pelo livro didático	Os alunos estão ativamente envolvidos na busca de informações para uso
A aprendizagem está contida em uma sala de aula e em uma série ao longo do ano letivo	A prática de ensino se estende além da sala de aula
Concentra-se na informação proclamada importante pelo professor para os alunos dominarem	Concentra-se no impacto pessoal, fazendo uso da criatividade do aluno
Visualiza o conteúdo de Ciências como a informação incluída e explicada em livros didáticos e palestras de professores	Vê o conteúdo de Ciências não como algo que existe apenas para o domínio do aluno, simplesmente porque é gravado na mídia impressa/livros
Não dar atenção à visão de carreira, a não ser uma referência ocasional a um cientista (a maioria dos quais está morto) e suas descobertas	Concentra-se na conscientização de carreira, especialmente em carreiras relacionadas à ciência e tecnologia que os alunos podem seguir, enfatizando carreiras em outras áreas além da medicina, engenharia e pesquisa científica.
Os alunos se concentram em problemas fornecidos por professores e livros didáticos	Os alunos tornam-se cientes de seus papéis de cidadania enquanto tentam resolver problemas/questões que identificaram
A aprendizagem da ciência ocorre apenas na sala de aula como parte do currículo escolar	Os alunos veem o papel da ciência em uma determinada instituição e em uma comunidade específica
Aula de Ciências aborda o que já foi conhecido	Aula de Ciências se concentra em como o futuro pode ser
Há pouca preocupação com o uso de informações além da sala de aula e o desempenho em testes	Os estudantes são encorajados a desfrutar e experimentar a ciência

Fonte: Yager e Akcay (2008, p. 4, tradução do autor)

Como já discutido anteriormente, dois dos principais objetivos da pesquisa acadêmica e de política pública com abordagem CTSA são a contextualização e desmistificação da ciência e tecnologia e a promoção da participação ativa da sociedade. Logo, a educação CTSA seria uma forma de implementação desses objetivos no campo educacional, o que implica em mudanças nos conteúdos programáticos da educação científico-tecnológica e mudanças metodológicas atitudinais por parte dos grupos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem (CEREZO, 1998).

O autor ainda destaca que embora todos os níveis educacionais estejam aptos a realizarem mudanças nos conteúdos e metodologias utilizados, o maior desenvolvimento em educação CTSA ocorreu no Ensino Médio e no Ensino Universitário por meio de uma expressiva quantidade de programas de ensino e material desenvolvidos desde o final dos anos 1960. Isso foi impulsionado tanto pelas pesquisas acadêmicas realizadas pelas tradições europeias e norte-americanas como também por organizações como a UNESCO e a OEI. No ensino secundário, em especial, duas organizações de professores tiveram uma importância notável na promoção da educação CTSA neste nível de ensino, que são: a norte-americana - Associação Nacional de Professores de Ciências (*National Science Teachers Association*) e a britânica - Associação para o Ensino de Ciência (*Association for Science Education*).

Vilches e Furió (1999) apontam que os estudantes da educação secundária possuem grande desinteresse pelos temas relacionados a ciência, e a provável causa disso é a desconexão entre o conteúdo ensino e a vida cotidiana do aluno, sua falta de aplicações práticas, o que os autores apontam como sendo a ausência de interações CTSA. Isso parece confirmar a necessidade de se introduzir no currículo essa abordagem, mas os autores lançam o seguinte questionamento: “Por que pode ser importante introduzir o tratamento das interações da CTSA? Que outros fatores determinam seu papel relevante no ensino de ciências?” (VILCHES; FURIÓ, 1999, n.p.).

Do ponto de vista educacional, é importante apontar causas que podem dar relevância a abordagem das interações CTSA. Em primeiro lugar, os referidos autores destacam que muitos estudantes podem achar o ensino de ciências desinteressante, e isso é de certa forma compreensível, se levarmos em conta que os assuntos são frequentemente abordados de tal forma que os alunos os veem como algo abstrato e puramente formal, principalmente no caso dos componentes curriculares de Química e Física (VILCHES; FURIÓ, 1999).

Incluir as relações CTSA no ensino é uma forma de atribuir relevância às aulas de ciências, uma vez que elas atraem a atenção dos alunos que, a princípio, poderiam não ter visto a necessidade de se estudar ciência, e também seria uma forma de estimular o ensino de ciências, relacionando-o as discussões sobre questões humanas, éticas e até mesmo políticas, contribuindo para a compreensão pública da ciência, um dos objetivos dessa abordagem. (VILCHES; FURIÓ, 1999).

Díaz (1996, s. p., tradução do autor) aponta que CTSA é, ao mesmo tempo, um campo de estudos e investigação e, acima de tudo, uma proposta educacional inovadora, pois a partir da primeira perspectiva, tem como objetivo melhorar a ciência e a tecnologia no contexto social e, como proposta de educação, constitui o que seria uma nova abordagem curricular em todos os níveis de ensino, com o objetivo principal “de proporcionar treinamento em conhecimento e, principalmente, em valores que favoreçam a participação responsável e democrática dos cidadãos na avaliação e controle de implicações sociais da ciência e tecnologia”. Logo, no contexto educativo, a abordagem CTSA pretende promover a alfabetização científica e tecnológica, de forma que todas as pessoas tenham acesso.

O autor ainda esclarece sobre o significado atribuído a alfabetização científica, pois diversos objetivos podem ser perseguidos, desde os focados no conhecimento até os que dão maior destaque aos aspectos atitudinais e axiológicos, logo, uma educação pautada na abordagem CTSA pode ser usada para:

Aumentar a compreensão do conhecimento científico e tecnológico, bem como suas relações e diferenças, a fim de atrair mais estudantes para atividades profissionais relacionadas à ciência e tecnologia.

Promover os valores da ciência e tecnologia para entender melhor o que eles podem contribuir para a sociedade, dando também atenção especial aos aspectos éticos necessários para o seu uso mais responsável.

Desenvolver as capacidades dos alunos para possibilitar uma melhor compreensão dos impactos sociais da ciência e, sobretudo, da tecnologia, permitindo assim sua efetiva participação como cidadãos na sociedade civil. Este ponto de vista é indubitavelmente o de maior interesse em uma educação compulsória e democrática para todas as pessoas (DÍAZ, 1996, n.p., tradução do autor).

Díaz (1996) destaca que existe uma enorme distância entre os documentos que contém os planejamentos a serem executados no ensino e a sua execução em sala de aula, pois muitas vezes os objetivos formulados nos projetos curriculares não são necessariamente postos em prática posteriormente. Muito professores, conscientes dos objetivos que deveriam ser perseguidos, por não saberem como, continuam a ministrar aula da mesma forma de sempre, logo, as orientações CTSA para o ensino de ciências tentam apontar possíveis soluções para estes problemas.

Com isso, a abordagem com enfoque CTSA permite transcender a barreira do mero conhecimento acadêmico de ciência e tecnologia, pois há uma preocupação com os problemas sociais relacionados à essas áreas, o que favorece a criação de atitudes, valores e normas de

conduta com relação a tais questões e visa promover aos estudantes meios de tomar decisões com fundamentação e atuar responsavelmente, individual e coletivamente, na sociedade (DÍAZ, 1996).

Através de diversos estudos sobre os professores que trabalham com ensino CTSA, Penick (1993) *apud* Díaz (1996), identificou e exemplificou um conjunto de funções básicas para caracterizar seu papel nesse tipo de ensino, no qual podemos observar no Quadro 2.

Quadro 2 – Resumo das funções características dos professores que praticam a educação CTSA

1. Dedicam tempo suficiente para planejar os processos de ensino-aprendizagem e a programação da sala de aula, bem como a avaliação do ensino praticado para melhorá-lo.
2. São flexíveis com o currículo e a programação em si.
3. Fornecem um "clima" emocionalmente, acolhedor e intelectualmente estimulante, projetado para promover interação e comunicação abrangente na sala de aula.
4. Têm grandes expectativas sobre si mesmos e seus alunos, podendo incentivar, apoiar e fortalecer suas iniciativas.
5. Investigam ativamente, demonstrando vontade de aprender novas ideias, habilidades e ações, incluindo aquelas que vêm da psicopedagogia, bem como notícias científicas e tecnológicas e do campo social. Eles também são capazes de aprender com seus colegas e seus alunos.
6. Provocam questões e tópicos de interesse para surgir na sala de aula. Sempre pedem fundamentos ou evidências para apoiar as ideias que são propostas.
7. Aprimoram a aplicação do conhecimento ao mundo real. Dão tempo para discutir e avaliar essas aplicações.
8. Fazem com que os alunos vejam a utilidade da ciência e da tecnologia e confiem em sua própria capacidade de usá-los com sucesso. Não escondem, no entanto, as limitações destes para resolver problemas sociais complexos.
9. Não veem as paredes da sala de aula como uma fronteira, pois acreditam que a aprendizagem deve transcendê-la. Trazem pessoas e recursos diferentes para a aula. Educam para a vida.

Fonte: adaptado de Penick (1993) *apud* Díaz (1996).

Observando os pontos mencionados no Quadro 2, é possível notar que não são funções exclusivas dessa abordagem, pelo contrário, são atitudes desejáveis a todo profissional da

educação, mas, é importante salientar que o movimento educacional CTSA as reuniu coletivamente como essenciais para se poder alcançar uma educação de qualidade, que tem como objetivo primordial propiciar aos alunos êxito em sua aprendizagem.

Com o intuito de promover aulas mais dinâmicas e fugir da monotonia que muitas vezes se encontra na sala de aula, ajudando assim, a motivar mais os alunos, a educação CTSA utiliza uma variedade de estratégias e técnicas de ensino. São desenvolvidas atividades que possam produzir implicações pessoais aos alunos e que sirvam para o desenvolvimento de programas de ensino e elaboração de projetos curriculares, em que uma maior parcela da atenção é voltada para os interesses dos estudantes frente a outras visões mais acadêmicas (DÍAZ, 1996).

Partindo de problemas de interesse social de ciência e tecnologia, o que inclui possíveis efeitos benéficos como também os possíveis riscos, a educação CTSA se propõe a utilizar, dentre outras, as estratégias de ensino-aprendizagem mostrada no Quadro 3, conforme pontuado por Acevedo (1996), Membiela (1995) e San Valero (1995) *apud* Díaz (1996).

Quadro 3 – Estratégias de ensino-aprendizagem que são usadas na educação CTSA

1. Resolução de problemas abertos, incluindo a tomada de decisão fundamentada e democrática.
2. Desenvolvimento de projetos em pequenos grupos cooperativos.
3. Realização de trabalho de campo prático.
4. Jogos de simulação e "papéis" (<i>role-playing</i>).
5. Participação em fóruns e debates.
6. Presença de especialistas em sala de aula, que podem ser pais da comunidade educacional.
7. Visitas a fábricas e empresas, exposições e museus técnico-científicos, complexos de interesse científico e tecnológico, parques tecnológicos, etc.
8. Períodos curtos de treinamento em empresas e centros de trabalho.
9. Envolvimento e ação civil ativa na comunidade.

Fonte: adaptado de Acevedo (1996), Membiela (1995) e San Valero (1995) *apud* Díaz (1996).

Apesar de serem estratégias instigantes, pode acontecer de estas técnicas exigirem muito do professor, que muitas vezes não dispõem de tempo, tendo que se desdobrarem na atuação na sala de aula e na organização, tendo que distribuir o tempo e os recursos ofertados pela instituição de ensino que o mesmo trabalha, ainda tendo o cuidado de administrar o “clima” da aula com o que foi indicado (DÍAZ, 1996).

Partindo da estratégia 1, mencionada no Quadro 3, que inclui a tomada de decisão fundamentada e democrática, em uma democracia, é dever do cidadão possuir poder de decisão e saber fazer escolhas sem depender somente de seus representantes políticos, tendo a capacidade de expressar opiniões e possuir o poder de tomar decisões embasadas. Com isso, um dos objetivos do ensino pautado nos princípios do CTSA é de proporcionar uma educação orientada para formação social voltada para a ciência e tecnologia levando em consideração seu contexto social (PALACIOS *et al.*, 2001; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Os currículos de CTSA na educação possuem um caráter relacional, em que os conhecimentos estudados são vistos de perspectivas diferentes, enfatizando as relações entre sociedade, ciência e tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2002). Os referidos autores apresentam um quadro resumo com essas relações ilustradas, as quais podemos observar na Tabela 2.

Tabela 2 – Relações da abordagem CTSA na educação

Aspectos CTSA	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: McKavanagh e Maher, (1982, p. 72) *apud* Santos e Mortimer, (2002, p. 121)

Conforme apontam Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009), desde o surgimento do seguimento de estudos baseados na vertente CTSA, há cerca de 30 anos atrás, a educação com esse enfoque tem sido um dos principais campos de investigação. Os autores ressaltam que

[...] a importância de se discutir com os alunos sobre os avanços da ciência e da tecnologia, suas causas, consequências, interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está no fato de que devemos conceber a ciência como fruto da criação humana. Por isso ela está intimamente ligada à evolução do ser humano, desenvolvendo-se permeada pela ação reflexiva de quem sofre/age as diversas crises inerentes a esse processo de desenvolvimento (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009, p. 10).

Logo, podemos voltar à discussão da questão proposta atrás sobre a concepção linear de desenvolvimento. É imprescindível que os alunos entendam que a ciência não é neutra, e que muitas vezes representa o interesse de quem a financia (grandes empresas, indústrias, o governo), daí a importância de conhecer e discutir seus avanços de forma contextualizada.

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009, p. 10) verificaram que nos últimos anos o enfoque CTSA vem sendo muito difundido no campo educacional, em especial no ensino de ciências, acentuando-se a partir de 1980, em que são apresentados em seu trabalho as principais instituições escolares na Europa e Estados Unidos, são elas:

- Estados Unidos: *Chemistry and Community da American Chemical Society*; Chautauqua Program de Iowa; Projeto 2061 da *American Association for the Advancement of Science*; Projeto Scope, *Sequence and Coordination da International Assessment of Education Progress*.
- Europa: SATIS (*Science And Technology In Society*) e SISCON (*Science In a Social Context*) na Inglaterra.

Von Linsingen (2007) destaca que na esfera acadêmica, CTSA já é um campo consolidado em várias universidades e centros educacionais, desde programas com vinculação na Universidade da Pensilvânia nos Estados Unidos e Edimburgo no Reino Unido nas décadas de 1960 e 1970, como em outros países. O autor destaca que na América Latina, tem países como Argentina, Colômbia, México, Brasil, Cuba e Chile, que embora recente, o CTSA já está bem arraigado na pesquisa e na educação. Das instituições brasileiras que já realizam essas atividades, ele cita algumas como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de Brasília (UnB).

Analisando os trabalhos aqui citados, percebe-se uma maior atenção da abordagem CTSA no que diz respeito a educação secundária (nível médio), visto que diversos países estão desenvolvendo programas docentes para inserção dessa temática nesse nível de ensino (PALACIOS *et al.*, 2001). Os referidos autores ainda destacam que os programas de educação secundária baseados em CTSA podem ser classificados em três grupos, no quais temos: Introdução do CTSA nos conteúdos de ciências (Enxerto de CTSA), o conteúdo de ciências visto através da abordagem CTSA e CTSA pura, no qual veremos a frente mais detalhadamente.

Enxerto CTSA: nessa abordagem é feita a inserção da temática CTSA no ensino de ciências, em que tem como intuito desenvolver a formação crítica do aluno, em que ele tome consciências das implicações do desenvolvimento da ciência e tecnologia e sua relação com a sociedade (PALACIOS *et al.*, 2001). Através dessa modalidade, o conteúdo técnico da disciplina na qual foi inserido a abordagem CTSA predominará, logo, o ensino ficará restrito aos professores de ciências, como aponta Cerezo (1998). A exemplo, o tipo de material didático adequado para esse tipo de modalidade educativa é o das unidades curta de CTSA, que normalmente acompanham um guia para o professor. Neste sentido, destacam-se projetos como o *Ciencia a través de Europa* (Ciência em toda a Europa), uma iniciativa para a divulgação educativa CTSA com a colaboração de escolas europeias (prática que tem sido imitada pelos Estados Unidos e Pacífico asiático) e, em especial, a experiência clássica das unidades SATIS (*Science and Technology in Society* – Ciência e Tecnologia na Sociedade). (CEREZO, 1998).

Conteúdo de ciências visto através da abordagem CTSA: nessa modalidade, o conteúdo do componente curricular é estruturado através dos preceitos da abordagem CTSA, a qual pode ser feita em cadeiras avulsas ou através de programas disciplinares para reestruturação do currículo (PALACIOS *et al.*, 2001). O conteúdo técnico e o CTSA se fundem de acordo com a exposição e discussão de determinados problemas sociais, sendo uma modalidade para professores de ciências. A princípio, nessa abordagem, é debatido um problema de relevância aos papéis futuros dos alunos (cidadão, profissional, consumidor, etc.), e a partir daí selecionar e estruturar o conhecimento científico-tecnológico necessário ao entendimento do estudante para tomar uma decisão ou entender um problema social relacionado à ciência e tecnologia (CEREZO, 1998).

O autor supracitado menciona como exemplos de programas que são organizados através dessa modalidade o clássico programa holandês *Projeto Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde* (PLON – Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física). Esse programa e

coordenado pela Universidade Pública de Utrecht, em que suas unidades se baseiam em conceitos e conteúdos tradicionais de Física acompanhados de discussões de problemas científico-tecnológicos com relevância social. Outro exemplo é o projeto no campo da Química intitulado *Aprendizaje de Productos Químicos, sus usos y aplicaciones* (APQUA – Aprendizado de Produtos Químicos, seus usos e aplicações) desenvolvido pela Universidade Espanhola Rovira i Virgili em coordenação com um projeto análogo na Universidade da Califórnia. Um exemplo de unidade desse programa é o *El riesgo y la gestión de los productos químicos* (Risco e gestão de produtos químicos) constituído pelos módulos *Riesgo: el juego de la vida* (Risco: o jogo da vida), *Toxicología: determinación de los valores umbral* (Toxicologia: determinação de valores limiares) e *Tratamiento de residuos industriales* (Tratamento de resíduos industriais).

CTSA pura: nessa perspectiva, é ensinado puramente sobre CTSA, em que o conteúdo científico fica em segundo plano. Até pode abordar sobre conteúdos científicos diversos, mas apenas como forma de ilustrar os assuntos trabalhados em CTSA (PALACIOS *et al.*, 2001). Pretende apresentar aos alunos problemas sociais, ambientais, éticos, culturais, etc., levantados pela ciência e tecnologia através de um curso monográfico, como exemplo, o caso da Espanha, de acordo com a criação da *Ley Orgánica General de Ordenación del Sistema Educativo* – LOGSE (Lei Orgânica Geral para a Regulamentação do Sistema Educacional) e da *Ley de la Educación Secundaria Obligatoria* – ESO (Lei do Ensino Secundário Obrigatório) (CEREZO, 1998).

No geral, essa modalidade de ensino CTSA tem como objetivo desenvolver nos estudantes das mais diversas especialidades uma consciência crítica e informada da ciência e tecnologia, mostrado, por exemplo, os limites ecológicos do desenvolvimento econômico e tecnológico. Uma questão a se destacar é a formação de professor para ministrarem esse componente curricular, o que pode exigir um certo esforço (CEREZO, 1998).

Com isso, o ensino pautado nos princípios do CTSA não busca somente promover uma nova organização dos currículos escolares. É importante destacar que o objetivo é promover no educando uma postura criativa e crítica dos aspectos científicos e tecnológicos da sociedade. Essa construção vai além do simples gerenciamento de informações, busca acima de tudo a articulação de conhecimento, argumentos e contra-argumentos, baseados em problemas comuns aos estudantes, relacionados a implicações dos avanços científicos e tecnológicos (PALACIOS *et al.*, 2001).

No contexto do ensino superior, no geral, os programas CTSA são formulados para ofertarem formação no modelo de pós-graduação (especialização, mestrado) ou como complementação curricular para alunos das mais diversas procedências (VON LINSINGEN, 2007). “Trata-se, por um lado, de proporcionar uma formação humanística básica a estudantes de engenharia e ciências naturais”, ou seja, tem por objetivo desenvolver nos estudantes das áreas de exatas, criticidade em relação aos impactos sociais e ambientais do desenvolvimento de novas tecnologias, por outro lado, “trata-se de oferecer um conhecimento básico e contextualizado sobre ciência e tecnologia aos estudantes de humanidades e ciências sociais”, pois esses estudantes não terão contato direto com tais áreas, mas precisarão utilizar esse tipo de conhecimento em suas futuras profissões (juízes, advogados, economistas, professores, historiadores, etc.) e até mesmo como cidadãos, desenvolvendo opinião crítica sobre política científica e tecnológica (VON LINSINGEN, 2007, p. 8).

Para se ensinar a partir do enfoque CTSA, um dos modelos mais conhecidos de ensino-aprendizagem é conhecido como o *espiral de responsabilidad* (espiral de responsabilidade), apresentado por Waks (1992), *apud* Membiela (2011), em que são consideradas cinco fases sucessivas:

- **Auto compreensão:** nela, o estudante aprende a considerar suas necessidades, valores, planos e responsabilidade;
- **Estudo de reflexão:** nessa fase, o estudante toma consciência e conhecimento da ciência e tecnologia e seus impactos sociais, e isto supõe uma possível conexão com as denominadas disciplinas básicas;
- **Tomada de decisão:** o estudante aprende sobre os processos de tomada de decisões e de negociação, para mais tarde tomar realmente decisões e defender seu posicionamento com razão e evidências;
- **Ação responsável:** o estudante planeja e executa a ação, tanto de maneira individual como coletiva;
- **Integração:** nesta fase, o estudante deve se aventurar mais afundo no tema específico fazendo relações CTSA mais amplas, que compreendem valores pessoais e sociais.

Quanto aos conteúdos selecionados para ministrar uma aula com abordagem CTSA, os problemas são os mesmos enfrentados em outros tipos de seleção de conteúdo para outras

abordagens, embora, segundo Hickman, Patrick e Bybee (1987) *apud* Membiela (2011), é essencial considerar cinco critérios fundamentais:

- É diretamente aplicável à vida dos estudantes?
- É adequado ao nível de desenvolvimento cognitivo e a maturidade social dos estudantes?
- É um tema importante no mundo atual dos estudantes e provavelmente permanecerá como tal em proporção significativa para levarem a vida adulta?
- Os estudantes podem aplicar seus conhecimentos adquiridos para além do âmbito da sala de aula?
- É um tema pelo qual os estudantes mostram interesse e entusiasmo?

Assim, com base nesses questionamentos apresentados, acredita-se que a abordagem no ensino de CLAE utilizando o tema socioambiental Agrotóxicos se enquadra como um conteúdo a ser trabalhado utilizando a abordagem CTSA, uma vez que se trata de um tema pertinente ao cotidiano dos alunos, pois são substâncias usadas na alimentação básica; é adequado ao seu nível de desenvolvimento cognitivo e social, pois são estudantes do nível superior; é um tema em evidência, principalmente pela tramitação no congresso de um projeto de lei acerca da temática, além de que poderão levar esse conhecimento adquirido, em relação aos defensivos agrícolas, para a tomada de decisão no futuro, e poderem exercer de fato seu papel cidadão de forma crítica e fundamentada; além disso, existe um interesse e entusiasmo em se trabalhar o tema por envolver atividade experimentais.

2.3 Estado da arte do enfoque CTSA no ensino de Química no Brasil

Foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de apresentar uma breve revisão na literatura nacional acerca do uso do enfoque CTSA no Ensino de Química no Brasil, tanto na esfera da educação básica (Ensino Médio), como na esfera superior, com o intuito de mostrar os principais resultados obtido com a utilização da abordagem proposta nesta pesquisa. Inicialmente será discutida a abordagem no Ensino Médio.

Os artigos foram pesquisados em periódicos nacionais da área de Ensino pertinentes a Química ou Ciências, e que permitem o acesso as suas produções de forma integral e gratuita, com classificação qualis A1, A2 e B1 de acordo com o sistema Qualis-Periódicos disponibilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), base de dados do quadriênio 2013-2016. Foi definido para pesquisa o período de corte de 2007

a 2017. Para a identificação dos artigos nos periódicos foi realizada a leitura do título, resumo e palavras-chave que abrangessem os seguintes termos: CTSA; CTS; Ensino Médio; Ensino Superior; Graduação; Química, e que estivessem associados ao ensino de Química.

No total, foram encontrados 24 periódicos que abordam o Ensino de Ciência/Química. Para o Ensino Médio, apenas em 8 foram encontrados artigos da temática em estudo. Foram selecionados artigos que tratassem da utilização da abordagem CTSA na Química do Ensino Médio, nas modalidades apresentadas aqui como enxerto de CTSA e ciência vista através dos preceitos da CTSA.

Para o Ensino Médio foi encontrado um total de 14 artigos distribuídos nos seguintes periódicos: Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências (A1, 1 artigo); *Acta Scientiae*: Revista de Ensino de Ciências e Matemática (A2, 1 artigo); Investigações em Ensino de Ciências (A2, 1 artigo); Rencima - Revista de Ensino de Ciências e Matemática (A2, 2 artigos); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (A2, 3 artigos); Ciência & Ensino (B1, 1 artigo); Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (B1, 1 artigo); Experiências em Ensino de Ciências (B1, 1 artigo). Os 14 artigos encontrados abordam cinco assuntos trabalhados na Química: Ácidos e Bases (1), Físico-Química (1), Química Ambiental (3), Química Orgânica (8) e Radioatividade (1). A seguir, será feita uma pequena discussão dos artigos encontrados.

Foi encontrado apenas 1 artigo tratando da temática de ácidos e bases (NIEZER; SILVEIRA, 2014). Nele os estudantes se motivam pela problemática de corrigir o pH ácido do solo através da utilização de cascas de ovo provenientes da escola onde estudam. A pesquisa foi desenvolvida no Centro Educacional de Educação Profissional, localizado na cidade de Rio Negro, estado do Paraná, com 10 alunos do curso técnico em Agropecuária.

A prática foi elaborada pensando nos princípios do CTSA, ao qual pode-se encaixar na modalidade de conteúdo de ciências visto através da abordagem CTSA. O trabalho foi desenvolvido com apoio de professores das áreas de matemática, geografia, agropecuária, biologia, horta, produção vegetal, sociologia e solos, o que promove a interdisciplinaridade do projeto em questão.

Após a aplicação do projeto os alunos concluíram que as cascas de ovos possuem potencial para uso de correção da acidez do solo, visto que esse material é rico em CaCO_3 (carbonato de cálcio), e se mostrou favorável à sua utilização por ser um produto natural que normalmente era descartado junto ao lixo da escola.

Esse artigo elaborado através dos princípios do CTSA pôde promover nos alunos um maior aprendizado da Química, além de atribuir maior significado para os mesmos. Com essa temática foi possível trabalhar alguns objetivos do CTSA que seriam a utilização do conhecimento científico para a tomada de decisão e a responsabilidade social.

Para o conteúdo de Físico-Química também encontramos apenas um artigo (OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2015). A proposta que ele apresenta é a utilização da abordagem de CTSA na elaboração de aulas com a temática de qualidade do ar interior, trabalhando os conceitos de Estudo dos Gases e Cinética Química. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola estadual de ensino médio localizada na região metropolitana de Curitiba – PR, com uma turma de 20 alunos do 2ª Ano. Os autores buscaram com essa proposta de ensino intensificar a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes através do ensino da ciência Química vista por essa abordagem.

Foi elaborada uma inserção pedagógica composta por 14 aulas, no qual os autores do estudo buscaram seguir três etapas (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento) pesquisadas na literatura. Os pesquisadores priorizaram a utilização de materiais que encorajassem o pensamento crítico dos alunos como, por exemplo, experimentações, vídeos e discussões em grupo. Foi proposto também que cada estudante, ao final de cada aula, produzisse um texto narrativo sobre aquele dia. Essa proposta se encaixa na segunda modalidade de ensino CTSA, em que os pesquisadores trabalharam o conteúdo de ciências baseado nos preceitos dessa teoria.

Os autores do estudo concluíram que através do enfoque CTSA é possível, no contexto escolar, contextualizar os conhecimentos científicos e tecnológicos, além de refletir sobre as consequências sociais desses conhecimentos. Relataram ainda que, para que haja uma utilização mais ampla dessa abordagem há a necessidade de uma orientação que forneça informações para sua larga implementação no contexto da educação básica.

Abordando a temática de Química Ambiental foram encontrados 3 artigos, em que são abordadas as temáticas de agrotóxicos (BUFFOLO; RODRIGUES, 2015), poluição ambiental (FLOR, 2007) e poluentes atmosféricos (REGIS; BELLO, 2011). Dois dos artigos utilizam a ciência vista através da abordagem CTSA, e um utiliza o enxerto. O que se pode notar com a leitura das pesquisas é que em ambos os casos o professor utiliza essa abordagem como forma

de fugir do modo tradicional de ensino, em que o professor age como transmissor de conhecimentos.

O trabalho sobre a temática de agrotóxicos é parte de um estudo maior de uma dissertação de mestrado desenvolvido em uma escola da rede pública de ensino da região noroeste do estado do Paraná (BUFFOLO; RODRIGUES, 2015). Os dados para o estudo foram coletados a partir do desenvolvimento de uma sequência didática, com abrangência para 13 aulas de 50 minutos, cada. É relatado no estudo que a aplicação dessa sequência didática pautada nos preceitos do CTSA permitiu o desenvolvimento nos alunos da compreensão dos conceitos químicos abordados, além de estender o conhecimento para questões de cunho social, tecnológico e ambiental, o que possibilita a construção de um senso crítico da realidade com vistas à formação cidadã.

O segundo artigo (FLOR, 2007) estudado da área de Química Ambiental, trata sobre a temática de poluição ambiental, tendo como questionamento gerador a instalação de uma incineradora de lixo no município onde ocorreu a pesquisa. O trabalho caracteriza-se como enxerto de CTSA. Foi aplicado no período de quatro semanas, com um total de 8 aulas, em uma escola da rede pública do estado de Santa Catarina. O estudo promoveu debates aos alunos acerca do tema estudado, sendo possível constatar em suas falas o despertar do interesse pela pesquisa, e desenvolvimento do senso questionador a respeito do papel da ciência na sociedade e as consequências que esta pode causar. O estudo produziu reflexões que foram incorporadas pelos educandos em suas indagações sobre ciência e, em específico, poluição, tema norteador da pesquisa. O trabalho além de proporcionar a aproximação dos conteúdos de Química com o cotidiano do aluno permite que o educando tenha um aumento da autoestima, pois seus comentários são valorizados, permite a participação na tomada de decisão e proporciona ao professor se tornar um mediador do conhecimento.

O terceiro artigo (REGIS; BELLO, 2011) da temática ambiental trata sobre poluentes atmosféricos. A pesquisa visa acima de tudo envolver os conhecimentos científicos e populares, com os quais o aluno tem contato, para que possa haver a contextualização do estudo realizado em sala de aula e o vivenciado diariamente, além de desenvolver o pensamento crítico, tomada de decisão e conscientizá-los dos problemas ambientais, principalmente os relacionados a temática central do estudo. Através de questionários pré-testes, pós-testes e oficina aplicados aos alunos foi possível observar uma evolução na internalização dos conceitos abordados. O estudo apontou que a abordagem empregada pode ser acatada como uma boa opção para

desenvolver habilidades nos alunos e despertar a consciência ambiental, e como consequência, facilitar a aprendizagem da Química.

Química Orgânica foi a área contemplada com a maior quantidade de trabalhos, totalizando 8. Primeiramente vamos discutir os quatro artigos que pertencem ao mesmo grupo de autoras (SANTOS, AMARAL; MACIEL, 2012a, 2012b, 2010a, 2010b), posteriormente, faremos a discussão sobre os quatro artigos restantes.

Os quatros estudos aqui apresentados referem-se a um estudo de caso desenvolvido no terceiro ano do curso técnico em Química integrado do CEFET-MG, em que foram adotados temas sociocientíficos utilizando a abordagem CTSA. Os temas adotados nos artigos foram: Cachaça; Cachaça e Cerveja; Leite; Sabão e Detergente. Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados: observações, registros, gravações, filmagens e questionários. Com a aplicação desses estudos ficou evidente que a inserção de temas sociocientíficos nas grades curriculares de Química é uma condição fundamental para desenvolver uma educação CTSA mais humanista e com formação para a cidadania, objetivos propostos por esse enfoque.

O quinto trabalho analisado traz a temática do Biodiesel (AZEVEDO *et al.*, 2013), assunto trabalhando dentro da Química Orgânica. O estudo partiu de uma atividade elaborada no Laboratório de Óleo e Biodiesel do Departamento de Química da UFRPE. Através de uma parceria da universidade com a Secretaria de Educação de Pernambuco, o projeto chegou ao alcance das escolas por meio dos alunos pertencentes ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID. Os pibidianos recrutaram uma turma de 20 alunos voluntários pertencentes à rede pública do segundo ano do ensino médio, juntamente com a colaboração do professor de Química. Os instrumentos de coleta de dados envolveram questionários pré e pós-testes, intervenção didática com utilização de vídeos, etc. O que se notou ao final do estudo foi que houve uma evolução conceitual em relação às questões sociais postas em discussão a respeito da temática biodiesel juntamente com os conceitos químicos expostos e o desenvolvimento de atitudes nos alunos como o recolhimento do óleo de frituras de suas casas.

O sexto trabalho (KUCHLA; SOUZA, 2017) analisado tem como objetivo central do estudo desenvolver e pôr em prática uma metodologia para o ensino de Química Orgânica, possuindo como tema gerador os corantes, na qual utilizou um caso simulado elaborado nos preceitos do CTSA, além de possuir o intuito de despertar nos educandos o interesse pela pesquisa e pela Química. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede estadual do

Paraná, e contou com a participação de 28 alunos do terceiro ano do ensino médio, do colégio localizado na cidade de Guaramiranga. Dentre os instrumentos de coleta de dados, estão anotações em diário de campo, fotografia, questionários e vídeos. Os resultados mostram que a metodologia utilizada trouxe grande contribuição para a formação crítica dos estudantes, uma vez que proporcionou uma ampla discussão e por estar diretamente associada a realidade dos educandos.

No sétimo artigo analisado encontra-se a temática da produção de sabão (MACHADO *et al.*, 2015). Com o intuito de diminuir a fragmentação do ensino tradicional oferecido pela escola, este projeto motiva-se a associar o conteúdo estudado em Química Orgânica com o cotidiano do aluno, tornando o processo de ensino aprendizagem algo mais apreciável por parte dos estudantes, possibilitado ainda uma participação mais crítica em seu meio social. Os sujeitos participantes da pesquisa foram 20 estudantes de uma turma de segundo ano do curso técnico integrado em Agropecuária de uma instituição federal localizada na cidade de Alegrete – RS. Através das análises feitas nos documentos escritos pelos alunos percebeu-se que houve um aumento do interesse nos conceitos científicos, principalmente acerca da resolução de problemas sociais e ambientais, constatando-se assim que a abordagem CTSA é uma boa estratégia para o ensino de Química.

Para finalizar, o oitavo e último trabalho (SILVA; SOUZA; PIRES, 2017) analisado da área de Química Orgânica traz o uso de representações moleculares em 3D como material didático para o ensino da Química. Com isso, o trabalho traz como objetivo principal utilizar um software como alternativa didática para a representação e estudos de estruturas moleculares tridimensionais, promovendo a interdisciplinaridade entre a Química Orgânica e a Biologia. A pesquisa foi desenvolvida com 10 alunos voluntários de uma escola pública estadual localizada na cidade de Luziânia em Goiás. Através do feedback dos alunos foi possível constatar que o software pode ajudar na melhor compreensão das representações geométricas de algumas moléculas orgânicas, visto que a visualização somente em duas dimensões dificulta esse entendimento.

O tema de radioatividade apresentou apenas um artigo (CORTEZ; PRADO; ROSA, 2017). Ele tem como foco o ensino de Física, no entanto sua escolha para fazer parte deste estudo se justifica pelo fato de se trabalhar um assunto pertinente também à Química, e falar sobre a vida de uma importante cientista ligada a essas duas ciências: Marie Curie.

Este estudo utiliza como proposta a ciência vista através dos preceitos da CTSA para trabalhar a temática de radioatividade com uma turma de 15 alunos do 3º Ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada na cidade de Sertão, interior do Rio Grande do Sul. Motivava-se criar alternativa para o ensino de radioatividade que possibilite a inserção no contexto do aluno, aqui voltada para o ensino de Física, mas que facilmente pode ser trabalhado em Química.

A proposta foi distribuída em 18 aulas, sendo 10 no componente curricular de Física e 8 em horário extraclasse. Foram organizadas 7 etapas para o desenvolvimento das aulas, abrangendo os mais diversificados materiais de estudo: consultas, revistas, livros, vídeos, filmes, etc. Foi trabalhada ainda com a utilização de metodologias ativas, sendo utilizados os mapas conceituais e a atuação de protagonista do aluno, que busca a construção do seu próprio conhecimento.

Após a realização do estudo, mesmo diante das dificuldades impostas na avaliação da eficácia de alternativas novas no ensino, os autores acreditam que essa abordagem trouxe bons resultados. Foi possível trazer a temática de radioatividade para a realidade dos alunos, onde os mesmos conheceram aspectos do cotidiano em que esse tema possui conexão.

Para o Ensino Superior em Química não foram encontrados artigos que trabalhassem a temática abordada por essa pesquisa no período de 2007 a 2017 e classificada com qualis A1, A2 ou B1. Foram encontrados alguns artigos que trabalham a temática CTSA no ensino superior com a formação inicial de continuada de professores, no entanto, investigando a compreensão dos mesmos sobre a temática ou promovendo debates críticos acerca de sua utilização para o Ensino Médio.

2.4 Agrotóxicos

2.4.1 Breve contextualização histórica dos agrotóxicos e o cenário de utilização no Brasil

As substâncias químicas conhecidas, hoje em dia, como agrotóxicos foram desenvolvidos, inicialmente, na Primeira Guerra Mundial e mais amplamente utilizadas na Segunda Guerra Mundial, como armas químicas. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1945, a indústria química buscou estratégias de crescimento em que pudessem aproveitar em outro tipo de mercado as moléculas antes criadas para fins bélicos, dando início aí ao mercado de agrotóxicos (TERRA, 2008).

Uma substância que ficou mundialmente conhecida foi o diclodifeniltricloroetano, ou DDT, substância do tipo organoclorada, podendo ser considerado o primeiro agrotóxico desenvolvido para esse fim. Suas propriedades inseticidas foram descobertas em 1939 por um entomologista suíço chamado Paul Müller, o que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Medicina. A descoberta do DDT revolucionou o combate ao inseto propagador da malária, sendo usado também na Segunda Guerra Mundial para como agente de prevenção de tifo em soldados, que o usavam na pele para combater piolhos (D'MANTO; TORRES; MALM, 2002). Após isso, o DDT foi amplamente usado no Brasil na indústria agropecuária, mais tarde sendo proibido pela descoberta de dos seus efeitos nocivos à saúde, ainda segundo os autores.

O desenvolvimento da agricultura brasileira sofreu um grande avanço após esse período pós-guerra, impulsionada pelo desenvolvimento de defensivos químicos. Esse período, que compreende os anos entre 1945 e 1975, ficou conhecido como modernização da agricultura nacional, pautada pelo uso de insumos químicos, além de outros, em que processos antes feitos através da mão obra humana, que foram substituídos pela utilização de maquinário e pelo uso intensivo desses insumos (TERRA, 2008).

A escolha do tema “Agrotóxico” como forma de contextualizar o ensino da técnica de CLAE se deu pelo fato de que muitos pesquisadores/educadores recomendam temas socioambientais como forma de abranger as relações propostas pela abordagem CTSA – relação entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, como aponta Buffolo e Rodrigues (2015), além de que esse é um tema pertinente e que tem gerado muitos debates atualmente, principalmente por estar em votação um projeto de lei (PL 6299/2002) que prever a alteração dos artigos 3º e 9º da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que vigora até o momento. “Um tema para ser desenvolvido com enfoque CTS(A) deve ser um tema que, ao ser discutido, propicie a reflexão do aluno sobre questões reais do seu contexto social e ambiental, tornando-o comprometido e, se possível, transformador da sua realidade” (BUFFOLO; RODRIGUES, 2015, p. 1). Segundo a lei supracitada, agrotóxico é definido como

a) os produtos e os 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;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989, p. 1).

Eles podem ser classificados de acordo com seu efeito à saúde humana conforme descrito na Tabela 3, adaptado de Aguiar (2017). Podem ainda ser classificados por classes de acordo com a ação do seu grupo químico, a exemplo destacamos: inseticida, fungicida e herbicida (AGUIAR, 2017).

Tabela 3 – Classificação dos agrotóxicos quanto o efeito à saúde humana

Classe toxicológica	Descrição	Faixa indicativa de cor
I	Extremamente tóxicos DL ₅₀ < 50 ppm	Vermelho vivo
II	Muito tóxico DL ₅₀ de 50 a 500 ppm	Amarelo intenso
III	Moderadamente tóxico DL ₅₀ de 500 a 5000 ppm	Azul intenso
IV	Pouco tóxico DL ₅₀ > 5000 ppm	Verde intenso

Fonte: adaptado de Aguiar (2017)

Deve-se, no entanto, tomar certos cuidados quanto a efetividade dessa classificação mostrada acima, pois como aponta Friedrich (2013), os estudos feitos para realizar essa classificação são limitados, pois não abordam, por exemplo, a exposição a mais de um agrotóxico ao mesmo tempo, realidade em que a população está exposta, assim “tornando-a incapaz de subsidiar a tomada de decisões, de modo a proteger os seres humanos dos riscos decorrentes da exposição aos agrotóxicos” (FRIEDRICH, 2013, p. 10). Além do mais, mesmo classificados como moderadamente ou pouco tóxico é preciso ficar atento ao efeito crônico, que ocorre com o passar dos anos e pode desenvolver graves doenças como o câncer, conforme aponta o Dossiê ABRASCO (CARNEIRO, 2015).

Os processos de produção agrícola no Brasil estão cada vez mais condicionados ao uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, como mostra o Dossiê ABRASCO (CARNEIRO, 2015). Em 2010, o Brasil chegou a comercializar cerca de US\$ 7,3 bilhões, representando 19% do mercado mundial de agrotóxicos. Em 2011, o Brasil registrou plantio de 71 milhões de hectares de lavoura denominada temporária, que inclui soja, milho, cana e algodão, e permanente, que inclui café, cítricos, frutas e eucaliptos, correspondendo a cerca de 853 milhões de litros de agrotóxicos pulverizados nessas culturas, que inclui principalmente herbicidas, fungicidas e inseticidas, representando uma média de uso de 12 litros por hectare e exposição

média ambiental/ocupacional/alimentar de 4,5 litro de agrotóxicos por habitante, aponta o documento com dados de 2010.

Ainda segundo o levantamento, o consumo de agrotóxicos vem aumentando ao longo dos anos em relação a área plantando, em que a média passou de 10,5 litros por hectare em 2002 para 12 litros por hectare em 2011. O Ministério da Saúde (MS) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) autorizam, juntamente com o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cerca de 430 ingredientes ativos, 750 produtos técnicos e 1.400 formulações de agrotóxicos. Outro dado a se destacar, é que dos 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras do país, 22, ou 44%, são proibidos na União Europeia.

Conforme aponta o Dossiê, no que tange aos resíduos em alimentos, cerca de um terço, aproximadamente 33%, das amostras consumidas pelos brasileiros está contaminada com agrotóxicos, sendo analisadas amostras nos 26 estados da federação sendo que em 28% dos casos foram detectados resíduos de agrotóxicos não autorizado para aquele cultivo ou que excedem o limite permitido. No detalhamento das amostras insatisfatórias, o nível médio de contaminação nos 26 estados brasileiros está distribuído nas culturas agrícolas da seguinte forma: pimentão (91,8%), morango (63,4), pepino (57,4%), alface (54,2%), cenoura (49,6%), abacaxi (32,8%), beterraba (32,6%) e mamão (30,4%).

Além dos casos de aplicação irregular apontados, outro fator contribui para o agravamento das contaminações dos agrotóxicos no Brasil, que é o descarte indevido das embalagens utilizadas.

As embalagens vazias de agrotóxicos são descartadas sem controle e fiscalização, e a antiga prática de enterrá-las é atualmente condenada devido aos altos riscos de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Os resíduos presentes em embalagens de agrotóxicos e afins, quando abandonados no ambiente ou descartados em aterros e lixões, contaminam o solo e, sob a ação da chuva, são carreados para águas superficiais e subterrâneas (CARNEIRO, 2015, p. 147).

O Dossiê aponta que apesar de existir legislação específica para o descarte de embalagens desse tipo, o setor empresarial dos agrotóxicos apresentou um material pouco instrutivo. Foi atribuída aos municípios a responsabilidade da coleta das embalagens usadas e aos produtores rurais a tarefa de tríplice lavagem de todos os equipamentos usados na aplicação, incluindo as embalagens, e o envio das mesmas aos estabelecimentos de coleta.

Com o exposto até aqui, pode-se justificar a escolha da temática dos agrotóxicos como tema contextualizador no ensino da técnica de CLAE e para se trabalhar com a abordagem

CTSA, uma vez que é um tema pertinente na atualidade e que gera muitos debates por se tratar de um assunto pertinente que pode gerar grandes impactos na sociedade, como a liberação de mais substância nocivas à saúde, que já foram até mesmo banidas de países desenvolvidos, além da importância da temática na educação ambiental, assim como destaca o Art. 1º da lei estadual nº 14.892 de 31/03/2011 que dispõe sobre educação ambiental:

Educação Ambiental é um processo contínuo de formação visando o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre relações históricas, entre a sociedade e a natureza, capaz de promover a transformação de hábitos, atitudes e valores necessários à sustentabilidade ambiental para efeito desta Lei (CEARÁ, 2011, p. 1).

Logo, fica evidente a necessidade de educar as pessoas científica e tecnologicamente para que possam debater de forma crítica e assumirem seu papel de cidadãos ativos, agindo na tomada de decisão acerca de assuntos que envolvem toda a sociedade.

2.4.2 Disposições da Anvisa sobre o uso de agrotóxicos e o programa PARA (Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos)

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) criada pela Lei nº 9.782, de 26 de janeiro 1999, é uma autarquia sob regime especial e possui sede e foro no Distrito Federal, além de possuir representação em todo o território nacional por meio das coordenações de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegários. Dentre as suas competências institucionais, pode-se destacar a promoção à proteção da saúde da população, através do intermédio do controle sanitário da produção e consumo de produtos e serviços.

Segundo a lei supracitada, analisar resíduos de agrotóxicos faz parte das atribuições de fiscalização da agência, logo, foi criado em 2001, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), inicialmente com um projeto, e posteriormente transformado em programa através da Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 119 de 19 de maio de 2003, passando a ser desenvolvido anualmente no âmbito do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) coordenado pela Anvisa. O PARA conta com a participação de 27 Unidades Federativas, sendo as amostras coletadas analisadas por quatro Laboratórios Centrais de Saúde pública (Lacen GO, MG, RS e PR) e por um laboratório privado contratado mediante licitação.

A Anvisa, periodicamente através do PARA, divulga um relatório contendo informações sobre as análises de amostras monitoradas em todo o país. O relatório mais recente foi o publicado em 25 de novembro de 2016, contendo amostras monitoradas no período de

2013 a 2015. O relatório apresenta um total de 12.501 amostras analisadas de 25 alimentos de origem vegetal que fossem representativos da dieta da população brasileira, são eles: abacaxi, abobrinha, alface, arroz, banana, batata, beterraba, cebola, cenoura, couve, feijão, goiaba, laranja, maçã, mamão, mandioca (farinha), manga, milho (fubá), morango, pepino, pimentão, repolho, tomate, trigo (farinha) e uva (ANVISA, 2016). Ainda, segundo o documento, tais amostras foram coletadas em estabelecimentos varejistas de todo o país, sendo pesquisados um total de 232 agrotóxicos diferentes.

Dentre as amostras analisadas, 9.680 (80,3%) foram avaliadas como satisfatórias, em que 5.062 (42,0%) destas amostras não continham resíduos dentre os agrotóxicos pesquisados e 4.618 (38,3%) apresentaram resíduos dentro do parâmetro legal estabelecido pela Anvisa, conhecido como Limite Máximo de Resíduos (LMR). As amostras consideradas insatisfatórias somam um montante de 2.371 ou 19,7%, em que 362 destas amostras apresentam resíduos cima do LMR e 2.211 apresentam resíduos não autorizados para o tipo de cultura (ANVISA, 2016).

Em tópico posterior será abordado os critérios estabelecidos para a escolha dos agrotóxicos que serão utilizados nesta pesquisa para a realização das análises na aula prática utilizando a técnica de CLAE.

2.5 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

A cromatografia é uma técnica físico-química utilizada para realizar separação, e que está embasada “na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis” (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998, p. 21). Uma das fases permanece estacionária enquanto a outra move-se através dela. No momento em que a fase móvel está passando pela fase estacionária, os componentes da mistura analisada são distribuídos entre as duas fases, em que são seletivamente retidos pela fase estacionária, o que resulta em migrações diferenciais entre cada componente (COLLINS, 1997).

Os termos “cromatografia”, “cromatograma” e “método cromatográfico” foram primeiro empregado em 1906, sendo sua utilização atribuída a o botânico russo Mikhael Semenovitch Tswett que realizava estudos sobre separação de componentes de extratos de folhas, usando colunas de vidro recheadas com vários sólidos (fase estacionária), finamente divididos, tendo seus componente arrastados com éter de petróleo (fase móvel). Apesar disso, o uso desse método só ganhou força na década de 30, com o avanço tecnológico, sendo a partir daí publicados diversos trabalhos na área (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998; COLLINS, 1997).

Apesar do termo ser atribuído a Tswett, os processos aplicando a migração diferencial já eram bastante conhecidos. Na Inglaterra e nos Estados Unidos, Reed e Day, respectivamente, desenvolveram trabalhos paralelos ao de Tswett, em que aplicaram colunas contendo sólidos para a separação de sais orgânicos e amostras de petróleo. Anteriormente a estes, Runge descreveu o que hoje é conhecida como a cromatografia em papel, em que observou os desenhos feitos misturas de sais e por tintas que foram colocadas no centro de um papel de filtro, posteriormente espalhadas pela passagem de solvente, enquanto Schoenbein fez experimentos com tiras de papel mergulhadas em solvente. Beyerinck, em 1889, usou sólidos em camada delgada sobre vidro, no lugar de papel (COLLINS, 1997).

Apesar das experiências mencionadas anteriormente, considera-se que o período da cromatografia moderna começou somente na década de 30, momento em que Kuhn e Lederer “redescobriam” e realizaram um processo de aperfeiçoamento da técnica de cromatografia em coluna, em que repetiram os experimentos de Tswett, fazendo a identificação e separação de xantofilas da gema do ovo, usando uma coluna recheada com carbonato de cálcio pulverizado (fase estacionária) e éter de petróleo (fase móvel) (COLLINS, 1997, p. 14).

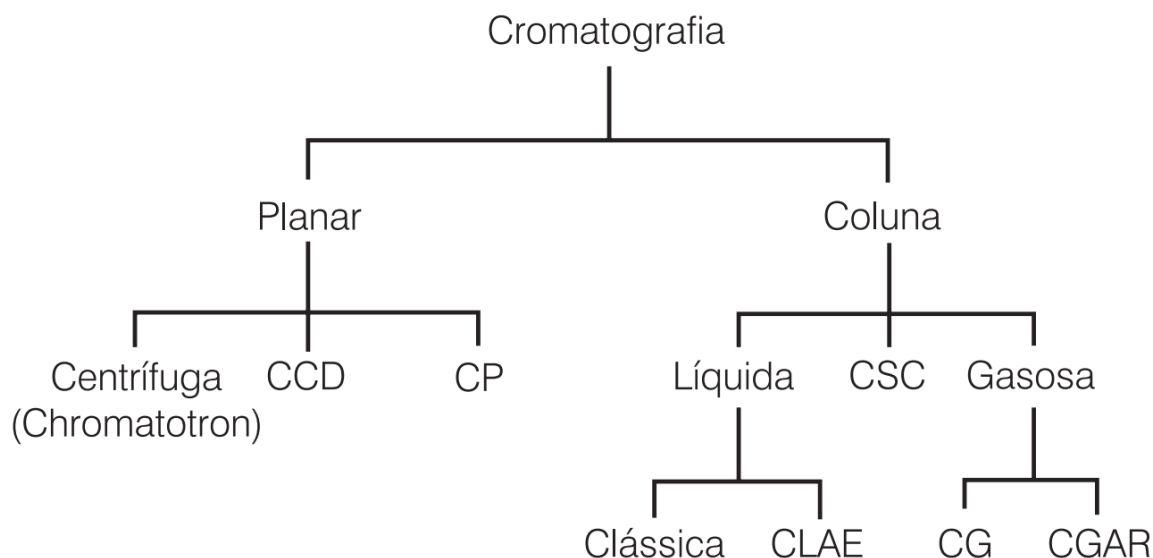
Hoje em dia existem diversos tipos de cromatografia, em que são vários os critérios usados para classifica-las, sendo os mais comuns utilizados: com relação a técnica empregada; aos mecanismos de separação envolvido; e aos diferentes tipos de fases utilizadas (COLLINS, 1997). Degani, Cass e Vieira (1998) resumem a classificação da cromatografia em quatro pontos: pela forma física do sistema cromatográfico, pela fase móvel empregada, pela fase estacionária utilizada e pelo modo de separação.

Com relação a forma física do sistema, a cromatografia pode ser subdividida em duas: cromatografia em coluna e cromatografia planar. O autor aponta que os métodos baseados na planar se resumem à cromatografia em papel (CP), à cromatografia por centrifugação (*Chromatotron*) e à cromatografia em camada delgada (CCD) (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998). Com relação à cromatografia em coluna, são diversos os tipos, que serão melhores entendidos quando classificados outro parâmetro. Classificando pela fase móvel empregada, tem-se três tipos: cromatografia gasosas, cromatografia líquida e cromatografia supercrítica (CSC). Na cromatografia líquida tem-se uma divisão importante, a cromatografia líquida clássica (CLC), que emprega fase móvel passando pela coluna por força da gravidade, e a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), que emprega a utilização de bomba de alta pressão para força a passagem da fase móvel pela estacionária. Em situações que a fase móvel

é um gás, as separações são obtidas utilizando-se a cromatografia gasosas (CG) e a cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR).

Com relação ao tipo de fase estacionária, tem-se as estacionárias sólidas, líquidas e quimicamente ligadas. Com relação à classificação pelo modo de separação, tem-se as separações por adsorção, partição, troca-iônica, exclusão ou misturas desses mecanismos. De forma ampla, pode-se observar os tipos de cromatografia na Figura 1.

Figura 1 – Resumo dos tipos de cromatografia



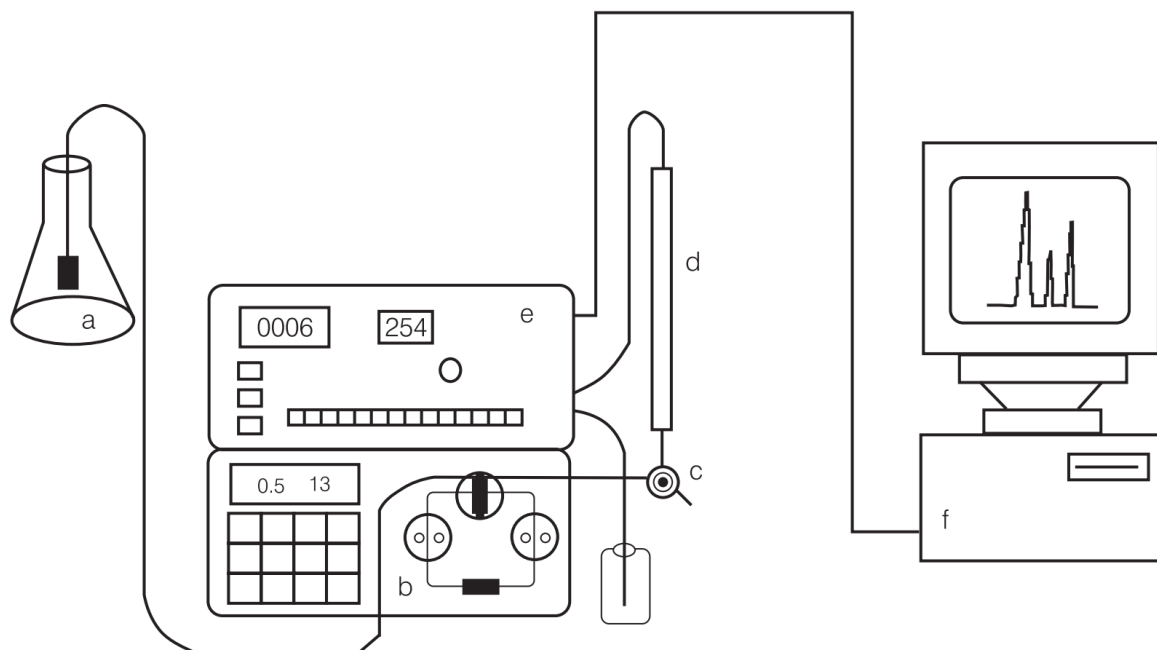
Fonte: Degani, Cass e Vieira (1998, p. 22)

Esta pesquisa tem como foco o ensino da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE – logo, será abordado em detalhes apenas o funcionamento desta modalidade.

A cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) é o mais novo e mais importante membro de uma família inteira de técnicas de separação. O seu emprego em vários laboratórios é considerado atualmente indispensável. [...]. A CLAE utiliza instrumentos muito sofisticados que podem ser totalmente automatizados. É um tipo de cromatografia líquida que emprega pequenas colunas, recheadas de materiais especialmente preparados e uma fase móvel que é eluída sob altas pressões. Ela tem a capacidade de realizar separações e análises quantitativas de uma grande quantidade de compostos presentes em vários tipos de amostras, em escala de tempo de poucos minutos, com alta resolução, eficiência e sensibilidade (GUIMARÃES; COLLINS, 1997, p. 185).

Um dos grandes avanços na cromatografia em coluna foi o desenvolvimento e o emprego de suportes com partículas muito pequenas, que são responsáveis pela alta eficiência do método, o que torna necessário o uso de bombas de alta pressão para possibilitar a eluição do solvente empregado na fase móvel (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998). Na Figura 2 é possível observar um equipamento característico de CLAE.

Figura 2 – Equipamento básico de CLAE. a) reservatório da fase móvel; b) bomba de alta pressão; c) válvula de injeção; d) coluna; e) detector e f) registrador



Fonte: Degani, Cass e Vieira (1998, p. 24)

Alguns critérios devem ser adotados para a utilização da CLAE. Deve-se ter o cuidado de utilizar uma fase móvel com alto grau de pureza e estar livre de gases dissolvidos, como o oxigênio, por exemplo, devendo-se ser filtrada e desgaseificada antes de iniciar-se o processo cromatográfico. A bomba deve conferir ao sistema vazão ininterrupta para possibilitar a eluição da fase móvel com fluxo apropriado. As válvulas de injeção utilizadas possuem uma espécie de alça para a introdução da amostra a ser analisada, utilizando uma seringa e duas posições, uma correspondente ao preenchimento da alça e outra para sua liberação à coluna cromatográfica. As alças existem em distintos volumes, sendo geralmente utilizados com especificações na faixa de 5-50 μL para injeção analítica e 0,5-2 mL para preparativas (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998).

As colunas utilizadas na CLAE, geralmente, comportam material sólido, apolar, são geralmente de aço inoxidável, com diâmetro interno variando de 0,45 a 2,2 cm e comprimento de 10 a 25 cm para colunas analíticas e 25-30 cm para colunas preparativas. É importante destacar que são colunas reaproveitáveis. O detector mais utilizado no método de CLAE é o ultravioleta, mas podem ser utilizados também detectores de fluorescência, índice de refração, dentre outros. O registro de dados pode ser realizado por um registrador, integrador ou microcomputador (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998).

As polaridades dos componentes químicos utilizados no sistema determinam se o mesmo irá atuar no modo normal, reverso ou ambos. Se a cromatografia é classificada como fase normal, a fase estacionária é mais polar que a fase móvel, de modo que se em fase reversa, a fase móvel é a mais polar. Separações analíticas, que será feito na aula prática desta pesquisa, utiliza-se mais comumente a fase reversa, sendo a fase C18 (octadecil-sílica) a mais usada (DEGANI; CASS; VIEIRA, 1998).

Na CLAE, como já visto anteriormente, utiliza-se a fase estacionária (coluna) e a fase móvel (solvente). O equipamento de CLAE, numa mesma corrida, permite ao pesquisador alterar a polaridade do solvente, fazendo variações ao longo do processo de separação com o intuito de conseguir maior êxito em separar os componentes da amostra analisada, além de permitir a análise de amostras com polaridades diferentes. Para isso, existem dois tipos de processos: isocrático e gradiente. No isocrático, o solvente ou mistura de solventes utilizados permanecem com a mesma proporção e concentrações no decorrer de todo o processo de análise, uma vez que no processo gradiente, o pesquisador varia a composição da fase móvel, podendo misturar solventes e alterar suas proporções, fazendo com que a polaridade mude no decorrer do processo. Exemplos de métodos utilizando o processo gradiente são encontrados nos trabalhos de Portilho, Scorza-Júnior e Dores (2014), Maldaner, Santana e Jardim (2008), Queiroz, Nogueira e Saito (2003) e Caldas *et al.*, (2011), por sua vez, nos trabalhos de Sanyal, Chakma e Alam (2008), Dewangan, Mishra e Mandal (2016), Abd-Alrahman (2014) e Silvério *et al.*, (2012) são encontrados exemplos de processos isocráticos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este tópico tratará sobre os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa e sua abordagem, as etapas do percurso metodológico, a caracterização do *locus* da pesquisa, a descrição do público-alvo e dos instrumentos utilizados para a coleta de dados.

3.1 A pesquisa quanti-qualitativa

Esta pesquisa optou-se por utilizar instrumento e método de coleta de dados do tipo quanti-qualitativo, pois Goldenberg (1999) afirma que nenhum pesquisador consegue fornecer um conhecimento completo da realidade, logo, o conjunto de diferentes maneiras de coletar e analisar dados, qualitativa e quantitativamente, é o que permite se ter uma visão mais ampla e inteligível de um problema complexo. A unificação da pesquisa qualitativa e quantitativa confere ao pesquisador a possibilidade de fazer comparativos entre os resultados, o que permite verificar se os dados coletados não são resultados da utilização de um método específico ou de um determinado caso em particular (GOLDENBERG, 1999). Na perspectiva apresentada pela autora, os métodos qualitativos e quantitativos deixam de ser percebidos como opostos e passam a ser complementares.

A combinação de técnicas qualitativas e quantitativas deixam a pesquisa mais forte, pois diminui os problemas causados pela utilização unicamente de um desses dois grupos, aponta Neves (1996). O autor ainda destaca que “a omissão no emprego de métodos qualitativos, num estudo em que se faz possível e útil empregá-los, empobrece a visão do pesquisador quanto ao contexto em que ocorre o fenômeno” (NEVES, 1996, p. 2). Goldenberg (1999) afirma que o estudo qualitativo é importante para identificar aspectos relevantes de situações que podem ser estudadas quantitativamente.

Enquanto os métodos quantitativos pressupõem uma população de objetos de estudo comparáveis, que fornecerá dados que podem ser generalizáveis, os métodos qualitativos poderão observar, diretamente, como cada indivíduo, grupo ou instituição experimenta, concretamente, a realidade pesquisada (GOLDENBERG, 1999, p. 63).

Em sua discussão, Goldenberg (1999), afirma que o método quantitativo pressupõe uma população de objetos de estudo comparáveis. Nesse sentido, como forma de avaliação nesse aspecto, foi usado um questionário fechado, utilizando um modelo de resposta múltipla, em que os respondentes assinalam todas as assertivas de acordo com seu grau de acordo, gerando ao final um índice normalizado de respostas que corresponde de -1 (total desconhecimento) a +1 (total conhecimento). Esse modelo experimental de investigação se caracteriza como um

desenho cego de teste/reteste, assim como Alonso *et al.*, (2006a) utilizam em seus estudos, no qual os participantes da pesquisa irão responder ao questionário em dois momentos distintos: no início da aplicação da pesquisa, em que os dados coletados serviram de diagnóstico sobre as crenças prévias dos estudantes e como base para verificação da hipótese, e ao final da aplicação, cujo os dados serviram para averiguar as mudanças, ou não, de crenças dos estudantes e o contraste da hipótese. É importante salientar que os estudantes participantes da pesquisa não possuem conhecimento sobre a segunda aplicação (desenho cego de reteste). Em tópicos adiantes serão descritas as características do questionário que foi utilizado.

Goldenberg (1999, p. 63) ainda afirma que “A pesquisa qualitativa é útil para identificar conceitos e variáveis relevantes de situações que podem ser estudadas quantitativamente”, nessa perspectiva, Godoy (1995) corrobora, afirmando que a análise qualitativa permite ao pesquisador uma melhor aproximação e compreensão dos fatos estudados, possibilitando a análise de forma integral, na qual diversos tipos de dados são coletados acerca do fenômeno em estudo. Ainda segundo o autor, o estudo qualitativo pode seguir diversos caminhos de investigação, em que ele cita três com sendo os mais conhecidos: pesquisa documental, estudo de caso e etnografia.

A pesquisa sendo definida como uma abordagem quanti-qualitativa, utilizou-se como estratégia metodológico qualitativa o Estudo de Caso, que se adequa melhor ao que se procurou com esse estudo, em que se buscou-se compreender as contribuições do uso dos preceitos da CTSA no ensino de CLAE trabalhando-se o tema socioambiental “Agrotóxicos”. A escolha do Estudo de Caso como abordagem qualitativa se deu com base no estudo de Godoy (1995), e no tópico seguinte será melhor descrito.

3.2 A escolha do Estudo de Caso na pesquisa em Ensino de Química

O estudo de caso era uma metodologia de pesquisa amplamente utilizada nas áreas que compreendem as ciências biomédicas e sociais, em que consistia em um estudo exaustivo e detalhado de um ou poucos objetivos (GIL, 2002). Sá, Francisco e Queiroz (2007) apontam que o método de Estudo de Caso originou-se com base no método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que teve origem na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, Ontário, Canadá, no início da década de 1970. Posteriormente, esse método começou a ser usado em outras áreas, como a do ensino, e mais especificamente no ensino de ciência (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). O Estudo de Caso no Ensino não tem como objetivo

apresentar uma interpretação dos fatos completa e apurada, mas sim promover um espaço para discussão e debate entre os estudantes (YIN, 2001).

Conforme aponta Yin (2001), um dos objetivos do método de Estudo de Caso no ensino é promover o debate e a discussão, o que corrobora com um dos objetivos dessa pesquisa, que é promover o debate acerca da utilização dos agrotóxicos, e com isso, propiciar a contextualização no ensino da técnica de CLAE, visando mostrar aos estudantes a aplicação desta na prática. Foi utilizado como estratégia de ensino e promoção de debate o Seminário, proposto por Anastasiou e Alves (2003), em que os estudantes discutiram acerca do uso de agrotóxicos e apresentarão os resultados obtidos a partir das análises realizadas nas aulas experimentais utilizando a técnica de CLAE.

Utilizado em trabalhos relacionados ao ensino de ciências, pode-se citar como exemplo o estudo de caso que foi empregado no ensino de Química Geral, e que tinha como um de seus objetivos “melhorar a compreensão dos estudantes sobre as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade”, o que mais uma vez diz respeito ao que se pretende alcançar com a aplicação da presente pesquisa (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007, p. 732).

A estratégia metodológica do Estudo de Caso também é utilizada no estudo de Pazinato e Braibante (2014), em que apontam que sua utilização proporciona aos estudantes a capacidade de identificação e resolução de problemas, além de possibilitar a aplicação dos conteúdos na Química no cotidiano. Santos, Mortimer e Scott (2001) destacam ainda que a utilização do estudo de caso promove a discussão em sala de aula e desperta no estudante a percepção de que ele precisa melhorar sua argumentação, apontando ainda a necessidade de serem desenvolvidas mais pesquisas que auxiliem o professor nesse sentido. Em tópico posterior serão descritas as etapas desta pesquisa.

3.3 Instrumento de coleta de dados: *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*

Em suas origens, o movimento denominado CTSA possui distintos fatores apontando a diferentes direções, mas, que possuem em comum uma melhor compreensão da natureza social e organizacional da ciência e tecnologia (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). Os autores destacam os seguintes pontos: a necessidade de gerenciar os grandes laboratórios militares e industriais e os grandes centros de pesquisa; surgimento de uma consciência crítica sobre os impactos negativos da ciência e tecnologia; necessidade de criar instituições e formar especialista em

avaliação política dos aspectos científico-tecnológico; surgimento de pesquisas que questionam a imagem tradicional da ciência e tecnóloga como atividades isoladas do contexto social, político e econômico.

Além disso, desenvolveram-se pesquisas no campo educacional com o intuito de formar alunos críticos, criando-se debates sobre os mais variados temas científico-tecnológicos e suas relações com a sociedade e contexto político, tampouco, surgiu com isso a necessidade de avaliação dessa forma de ensinar (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001).

Avaliar consiste, sobretudo, em atribuir um valor a algo. No entanto, no campo do ensino, “o problema da avaliação da aprendizagem se concentra em estabelecer a adequação ou validade entre os instrumentos de avaliação aplicados para obter a produção dos alunos em relação às habilidades cognitivas avaliadas” (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001, p. 19, tradução do autor). Com isso, há muito tempo, Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) já relatavam em seus estudos a preocupação de especialistas em educação CTSA com a avaliação da aprendizagem dos alunos e com a forma de ensino praticada pelos professores e programas estabelecidos pelas autoridades acadêmicas. Os autores indicam a necessidade de criação de instrumentos de avaliação que forneçam critérios úteis para o ensino e aprendizagem CTSA, diferente dos já tradicionais meios avaliativos utilizados, e que sejam válidos e confiáveis, específicos para essa abordagem de ensino que relaciona atitudes e valores.

Os estudantes escolhem estudos e profissões científicas em menores proporções, ou até mesmo acreditam que a ciência é um conhecimento totalmente objetivo e que os cientistas realizam suas pesquisas de forma isolada, pois os mesmos adquirem atitudes que orientam seu comportamento e crenças em relação a ciência em uma determinada direção (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). Dentro da estrutura da psicologia social, sintetizando diversas contribuições, a atitude é um conceito que reúne três elementos:

Um conjunto organizado e duradouro de convicções ou crenças (elemento cognitivo),
Dotado de predisposição ou carga afetiva favorável ou desfavorável (elemento avaliativo ou afetivo),
Que orientam o comportamento da pessoa em relação a um determinado objeto social (elemento comportamental) (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001, p. 19, tradução do autor).

A disposição a favor ou contra o objeto da atitude (elemento avaliativo/afetivo) é considerada por muitos autores o elemento mais característico e próprio das atitudes, o que as coloca no âmbito dos valores, dota-as da capacidade para orientar a conduta das pessoas e

sugere as conotações ideológicas, isto é, faz das atitudes um construto de com implicações sobre a motivação ou orientação do comportamento das pessoas (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001).

O uso do construto *atitude* pode parecer um pouco estranho aqui, mas isso se justifica porque muitos problemas de CTS são carregados de valores. Requer do aluno (e da faculdade) não apenas conhecimento de fatos, mas também adesão a uma posição ou ação de acordo com essa posição. A atitude é a estrutura que integra simultaneamente os componentes cognitivos, afetivos e comportamentais, que respondem aos conteúdos carregados com valores de CTS na educação científica. Cognição e compreensão estão sempre presentes, mas o núcleo central da atitude é a escolha da pessoa ao longo do espectro de várias posições atitudinais, entre os gostos e desgostos, o que é característico da atitude. O termo atitude é o que melhor explica os tipos de questões educacionais de CTS, porque engloba cognição (conhecimento), sentimentos (concordância ou discordância) e comportamento (por exemplo, agir para tornar o ambiente mais saudável). Enquanto o conhecimento da ciência nem sempre implica uma atitude (por exemplo, entender a lei da gravidade e suas aplicações não gera atitudes diferentes, já que ninguém discute sua validade), na base de qualquer atitude relacionada à ciência há sempre algo de conhecimento. (Por exemplo, aderir à posição de que o conhecimento da ciência é provisório), uma vez que há pessoas que aceitam essa posição (e outras que não), mesmo que seu conhecimento do assunto seja superficial (ALONSO; MAS; DÍAZ, 2005, p. 4-5, tradução do autor).

Tendo isso em vista, o conceito de atitude parece ser o mais adequado para descrever o tipo de aprendizagem que envolve os conteúdos estudados através/sobre CTSA, pois integra, simultaneamente, componentes cognitivos, afetivos e comportamentais, estando respaldado por diversos estudos realizados, desde muito tempo, no marco da Psicologia Social (EAGLY; CHAIKEN, 1993; HEWSTONE; STROEBE; CODOL; STEPHENSON, 1990; PETTY; KROSNICK, 1995; RODRÍGUEZ; SEOANE, 1989 *apud* MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001).

[...] a atitude é o único conceito que reconhece a importância dos valores (através da avaliação afetiva do objeto, um objeto multifacetado e dialético), tornando-se um elemento central de uma educação científica que leva em conta os valores da ciência e que tenciona promover um maior interesse pela ciência, que é o caso da orientação do CTS(A). Por esta razão, o termo atitude é preferível para se referir à integração de cognições, comportamentos e tendências afetivas para os vários temas e questões CTS(A), que constituem os objetos de atitudes (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001, p. 20, tradução do autor).

Apesar disso, a questão relacionada a avaliação de atitudes pode se tornar um grande obstáculo curricular frente a implementação da educação CTSA, uma vez que poucos professores estão dispostos a colocar em prática novos conteúdos em suas salas de aula sem saberem uma forma de avaliá-los (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). Alonso *et al.*, (2006a) apontam que o objetivo de melhorar a compreensão da ciência e tecnologia na sociedade contemporânea não é uma tarefa fácil, pois apresenta três obstáculos principais: o primeiro obstáculo diz respeito a natureza interdisciplinar, complexa, provisória e de constante mudança dos temas CTSA, o que dificulta o consenso entre os especialistas; o segundo obstáculo aponta a deficiente formação dos professores acerca dos temas CTSA; o terceiro e último obstáculo

aponta, concordando com a discussão iniciada nesse parágrafo, sobre a dificuldade metodológica para conseguir uma avaliação mais válida e fidedigna das crenças e atitudes CTSA.

Realizar uma avaliação válida e legítima é difícil, principalmente, por duas razões: primeiro, pela natureza dialética, multifacetada e complexa do objetivo avaliado, que neste caso, é a relação científico-tecnológica com a sociedade; em segundo, pela dificuldade inerente a própria tarefa de avaliar, que enfrente importantes problemas metodológicos relacionados com a validade e fiabilidade dos procedimentos, instrumentos e métodos aplicados (ALONSO *et al.*, 2006a). Aikenhead (1988) comparou quatro métodos de avaliações de atitudes relacionadas a CTSA: escala Likert, parágrafo escrito, questionário fechado de múltipla escolha desenvolvido empiricamente e entrevista semiestruturada. As repostas obtidas por escala de Likert foram as mais imprecisas, oferecendo apenas um palpite sobre as crenças dos alunos; repostas obtidas por parágrafos escritos continham ambiguidade significativa em 50% dos casos; as repostas múltiplas desenvolvidas empiricamente possuíam, também, ambiguidade, mas 20% a menos que o método anterior; a entrevista semiestruturada foi o menos ambíguo de todos os quatro métodos de pesquisa analisados, mas exigiu mais tempo para administrá-la (AIKENHEAD, 1988).

O autor propõe uma via intermédia de utilização, que combina questionários desenvolvidos empiricamente mediante entrevistas prévias, que concilia precisão e agilidade e evitam a percepção imaculada. Mediante a isto, foi desenvolvido um novo instrumento de avaliação acerca dos tópicos de CTSA, o *Views on Science, Technology and Society* – VOSTS (AIKENHEAD; RYAN, 1989 *apud* MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). O VOSTS é composto por 114 itens de múltipla escolha, desenvolvidos empiricamente ao longo de seis anos com alunos dos 11º e 12º anos (11º ano é quando termina a educação secundária) no Canadá, e que abordam uma ampla variedade de temas CTSA (AIKENHEAD; RYAN, 1992). A estrutura conceitual do VOSTS inclui os seguintes temas: definições de ciência e tecnologia, interações entre ciência, tecnologia e sociedade, sociologia externa da ciência, sociologia interna da ciência (envolve as características dos cientistas, construção social da tecnologia e conhecimento científico) e natureza do conhecimento científico (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). Na mesma linha, foi desenvolvido também o *Teachers' Belief about Science-Technology-Society* – TBA-STS, questionário com 13 itens acerca da natureza da ciência, tecnologia, suas interações na sociedade e o valor pessoal da ciência e tecnologia, aplicada professores (RUBBA; HARKNESS, 1993).

Partindo de pautas similares, as questões dos instrumentos mencionados anteriormente foram adaptadas ao contexto cultural espanhol, construindo-se o *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* – COCTS, contendo 100 questões para investigar as atitudes relacionadas a ciência e tecnologia frente a sociedade (MANASSERO; VÁZQUEZ, 1998 *apud* MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001).

Novas aplicações do COCTS fizeram com que ele fosse aperfeiçoado cada vez mais desde sua criação, melhorando sua validade e confiabilidade (ALONSO *et al.*, 2006b, MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001). São elas:

- Mudança de um modelo de repostas única (MRU) para um modelo de reposta múltipla (MRM), pois o primeiro proporciona apenas uma informação mínima sobre o pensamento do aluno, por outro lado, o segundo permite utilizar toda a informação disponível em cada item;
- Criação de uma nova métrica que permite extrair toda a informação contida nas repostas múltiplas;
- Definição de um índice atitudinal global normalizado, com um significado métrico invariante que sintetiza com validade todas as repostas obtidas;
- Classificação de todas as frases do questionário em três categorias, que serão apresentadas mais adiante, mediante avaliação e valoração realizada por um grupo de especialistas, o que permite a aplicação de uma métrica adequada para calcular o índice atitudinal.

Para aplicar o MRM e poder interpretar as repostas coletadas como medidas atitudinais, é necessário dimensionar ou criar uma escala previamente das sentenças de cada questão, propondo uma métrica adequada para normalizar as pontuações obtidas (MAS; ALONSO; DÍAZ, 2001).

As 100 questões do COCTS foram submetidas a um painel de juízes especialistas em questões CTSA, possuindo formações diversas (Química, Física, Biologia, Geologia, Filosofia, etc.) e atividades variadas (professores de ciências, professores universitários, conselheiros ou formadores de professores, pesquisadores, etc.), sendo solicitados a avaliar o grau de adequação de cada uma das proposições de cada questão, do atual ponto de vista da história, filosofia e sociologia da ciência, atribuindo-lhes uma escala de 9 pontos (1-9), onde os mesmos exprimem

seu desacordo ou acordo com o item avaliado (MAS; ALONSO, 2001, ALONSO; MAS; DÍAZ, 2005).

Para quantificar essa avaliação, a escala de 9 pontos foi distribuída da seguinte forma, para cada uma das assertivas de cada questão (MAS; ALONSO, 2001, ALONSO; MAS; DÍAZ, 2005):

- Adequada (A): a proposição expressa uma opinião apropriada a partir da perspectiva do conhecimento da história, filosofia e sociologia da ciência (7, 8, 9 pontos);
- Plausível (P): embora não seja completamente adequada, a proposição, sob a perspectiva do conhecimento da história, filosofia e sociologia da ciência (4, 5, 6 pontos);
- Ingênua (I): a proposição expressa uma opinião inadequada ou não plausível (1, 2, 3, pontos).

A palavra "adequada" deve ser entendida neste contexto como consistente com o conhecimento atual da história, epistemologia e sociologia da ciência. A classificação das frases de cada questão através das três categorias anteriores define um sistema local de significados e pesos que não só melhoram a eficiência do COCTS (informação máxima, medidas de alta fidelidade e a possibilidade de estatística inferencial), mas também evitam objeção de multidimensionalidade contra instrumentos atitudinais, uma vez que todas as medidas atitudinais são feitas sobre as avaliações de cada alternativa dentro da mesma questão (ALONSO; MAS; DÍAZ, 2005, p. 46, tradução do autor).

As 100 questões do COCTS possuem 637 assertivas para selecionarem como repostas, atribuindo um valor (1-9), em que cada uma delas expressa atitude, crenças e opiniões diferente sobre o tema abordado em cada item (ALONSO; MAS; DÍAZ, 2005). Cada pontuação direta se transforma, depois, em um índice atitudinal, conforme a classificação nas categorias já mencionadas (Adequada, Plausível e Ingênua), no qual o modelo MRM aplicado permite obter os índices atitudinais normalizado de -1 a +1 para cada assertiva segundo a categoria que foi atribuída, ajustados conforme mostra a Figura 3 (ALONSO; DÍAZ; MAS; ROMERO, 2006a). Assim, uma atitude será tanto melhor quanto mais positivo o valor do índice (máximo de +1) e será tanto pior quanto mais negativo esse valor (mínimo de -1). O MRM permite realizar o cálculo do índice atitudinal de apenas uma assertiva de uma questão qualquer do COCTS, o que confere ao pesquisador a possibilidade realizar discussões em cima de uma frase em específico, da mesma forma que também realiza o cálculo com base na questão de forma integral.

Figura 3 – Resumo da aplicação da métrica para calcular o índice atitudinal em um item do COCTS pelo MRM

Categorías	Número de frases	Escala de puntuaciones directas (arriba): Transformación en puntuaciones actitudinales directas (a, p, n) –abajo–									Puntuaciones actitudinales directas			Indices de actitud de categoría		
Escala directa		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máximo	Fórmula	Mínimo	Máx.	Fórmula	Mín.
Grado de Acuerdo		Total	Casi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi nulo	Nulo						
Adecuadas	N_a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	$+4N_a$	Σa_j	$-4N_a$	+1	$I_a = \Sigma a_j / 4N_a$	-1
Plausibles	N_p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	$+2N_p$	Σp_j	$-2N_p$	+1	$I_p = \Sigma p_j / 2N_p$	-1
Ingenuas	N_n	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	$+4N_n$	Σn_j	$-4N_n$	+1	$I_n = \Sigma n_j / 4N_n$	-1
Total	N										Índice de actitud global			1	$I = (I_a + I_p + I_n) / 3$	-1

Fonte: Mas, Alonso e Díaz (2001).

Notas: a_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Adequada" j.

p_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Plausível" j.

n_j : pontuação atitudinal direta para a frase "Ingênuo" j.

N_a , N_p e N_n : número de frases pertencentes a cada uma das categorias "Adequadas", "Plausível" ou "Ingênuas".

Σ : soma das pontuações diretas de $j = 1$ a $j = N_a$ ($j = N_p$ ou $j = N_n$) para o conjunto de sentenças pertencentes a cada uma das categorias "Adequadas", "Plausível" ou "Ingênuas".

Na Figura 4 é possível observar um exemplo de uma das 100 questões do COCTS. A questão contém um enunciado, no qual o aluno vai ler e interpretar as assertivas, e com base nas suas concepções assinalar uma pontuação de acordo com o seu grau de concordância (Baixo, Médio ou Alto). O indivíduo que estar respondendo ao questionário possuem a ainda a possibilidade de marcarem umas das três opções localizadas na parte inferior da questão, caso não possua capacidade de responder a nenhuma das sentenças. Na coluna à direita é possível observar a classificação realizadas pelos especialistas (A, P, I), no entanto, vale ressaltar que o respondente do questionário não possui acesso a esses índices para não comprometer a resposta. Somente o pesquisador, ao final, pode conferir os índices para realização do cálculo da métrica e obtenção do índice atitudinal.

As questões selecionadas, descritas no tópico 3.5.1, foram aplicadas no início e ao final da pesquisa. De posse das repostas dos sujeitos ao final da aplicação da pesquisa, foram atribuídas as categorias de cada assertiva de cada questão (Adequada, Plausível, Ingênuo), antes omitida aos estudantes, realizando-se em seguida, o cálculo do índice atitudinal de cada assertiva e de cada questão, com base na métrica apresentada na Figura 3. Por exemplo, se na questão apresentada na Figura 4 o aluno marcar uma pontuação 8 na assertiva B, classificada como "Adequada", trazendo esse valor para a métrica da Figura 3 teremos uma escala de

pontuação direta de 3. Esse valor gera um índice atitudinal para a assertiva B de +0,750, ou seja, um valor próximo de +1 (pontuação máximo), o que demonstra bom grau de compreensão do respondente.

Figura 4 – Exemplo de questão do COCTS

10111 Definir o que é ciência é difícil porque é complexo e abrange muitas coisas. Mas a ciência é PRINCIPALMENTE:											
Para cada assertiva, marque o número da escala que melhor representa o grau de concordância entre a posição expressa na frase e sua opinião sobre o assunto.		Grau de concordância									Categoria
		Baixo			Médio			Alto			
A.	O estudo de áreas como biologia, química, geologia e física.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
B.	Um corpo de conhecimento, como princípios, leis e teorias que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
C.	Explorar o desconhecido e descobrir coisas novas sobre o mundo e o universo e como eles funcionam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
D.	Realizar experimentos para resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
E.	Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
F.	Buscar e usar o conhecimento para tornar este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curar doenças, resolver poluição e melhorar a agricultura).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
G.	Uma organização de pessoas (chamada cientistas) que têm ideias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
H.	Um processo investigativo sistemático e o conhecimento resultante.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
I.	Não se pode definir ciência.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
Se qualquer uma das seguintes frases pode se aplicar a alguma opção, escreva a carta ao lado											
1.	Não entendo	Índice de Adequadas Índice de Plausíveis Índice de Ingênuas Índice Global Atitudinal									
2.	Eu não sei o suficiente sobre esse tópico para escolher uma opção										
3.	Nenhuma dessas opções basicamente satisfaz minha opinião.										

Fonte: Mas, Alonso e Díaz (2001).

3.4 Descrição dos integrantes da pesquisa

O público-alvo da pesquisa é constituído por 14 graduandos (6 mulheres e 8 homens) regularmente matriculados no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química, 6º Semestre de um total de 8, do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Maracanaú, município integrante da Região Metropolitana de Fortaleza – CE.

Para aplicação da pesquisa, foram realizadas aulas no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química, abordando a técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), ministrado durante o período matutino, resultando em 10 (dez) encontros, com uma estimativa de carga-horária total de 34 horas-aula, que foram elaborados tencionando seguir as etapas propostas por Acevedo (1996), Membiela (1995) e San Valero (1995) *apud* Díaz (1996), com características de uma abordagem CTSA, descrita no Quadro 3. Os estudantes mencionados foram escolhidos como sujeito da pesquisa por possuírem os requisitos necessários para estudarem o conteúdo abordado. As atividades ocorreram parte em sala de aula e parte em laboratório, para a realização de experimentação.

3.5 Procedimento no campo de estudo e instrumentos utilizados

A pesquisa foi aplicada em 10 (dez) encontros durante a primeira etapa do semestre letivo de 2019 no turno da manhã no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química, no qual a descrição das atividades pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 – Cronograma de execução das atividades do curso de extensão

(continua)

Nº do encontro	FASE	PERÍODO	
		Data	Hora/aula
1	Apresentação da proposta de pesquisa / Assinatura do TCLE / Aplicação do COCTS (teste)	09/04/2019	2
2	Aula teórica sobre CLAE	10/04/2019	4
3	Aplicação do jogo (<i>quiz</i>) Kahoot! sobre o conteúdo de CLAE estudado na aula anterior / Fomentar ideias sobre elaboração de um projeto de pesquisa para se trabalhar agrotóxicos no Ensino Médio utilizando o CTSA	16/04/2019	2
4	Aula sobre Agrotóxicos e a legislação vigente no Brasil sobre a utilização desses defensivos agrícolas	17/04/2019	4

Tabela 4 – Cronograma de execução das atividades do curso de extensão

(conclusão)

Nº do encontro	FASE	PERÍODO	
		Data	Hora/aula
5	Preparação das amostras de pimentão trazidas pelos alunos em laboratório para as análises em CLAE	23/04/2019	2
6	Aula prática para detecção de agrotóxicos em amostra de pimentão no equipamento de CLAE	24/04/2019	4
-	Reservado para os alunos prepararem os projetos de pesquisa	30/04/2019	2
7	Seminário dos alunos sobre os resultados obtidos na aula prática e apresentação do projeto de pesquisa	07/05/2019	2
8	Seminário dos alunos sobre os resultados obtidos na aula prática e apresentação do projeto de pesquisa	08/05/2019	4
9	Visita técnica à Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (Nutec)	10/05/2019	4
10	Entrega final dos projetos de pesquisa, aplicação do COCTS (reteste) e aplicação de questionário aberto complementar contendo 4 questões	21/05/2019	4

Fonte: autor (2020)

O 1º encontro consistiu em explicar aos alunos a proposta de pesquisa, apresentar o pesquisador responsável e solicitar aos estudantes a permissão e autorização para fazer fotografias e/ou registros escritos e/ou gravados. Após o consentimento de todos, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) e solicitado a sua assinatura em duas vias, uma que ficará com o aluno e outra com o pesquisador, visando atender às exigências do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE no qual o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado sob o nº 3.004.530, conforme as Resoluções nºs 466/12

e 510/16 e Norma Operacional nº 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2013). Após esse momento, os alunos receberam, cada, uma cópia impressa das questões do COCTS selecionadas para esta pesquisa e as instruções de como realizar sua resolução (teste).

O 2º encontro foi sobre a técnica de CLAE: surgimento, funcionamento e aplicações. No 3º encontro foi aplicado do jogo (quiz) Kahoot! sobre o conteúdo de CLAE estudado na aula anterior, fazendo assim uma revisão/avaliação do conteúdo estudado. Após isso, foi fomentada ideias sobre a elaboração de um projeto de pesquisa para se trabalhar agrotóxicos no Ensino Médio utilizando a abordagem CTSA, aproveitando o ensejo de que são estudantes de licenciatura e poderão desenvolver os projetos elaborados em estágios futuros.

No 4º encontro foi introduzida a temática dos Agrotóxicos, defensivos agrícolas largamente utilizados no Brasil. Através desse tema foi feita a contextualização da técnica de CLAE, técnica bastante utilizada para a detecção dessas substâncias, e levantado discussões com os estudantes acerca do uso desses defensivos, seus impactos no ambiente e no contexto social, abordando matérias jornalísticas e estudos científicos dos efeitos causados por tais substâncias. Nessa perspectiva, a abordagem CTSA entra com o intuito de promover a contextualização (Agrotóxicos) do tema estudado (técnica de CLAE) com o cotidiano dos estudantes, levantando discussões para promover a reflexão crítica dos impactos gerados no ambiente e na vida cotidiana das pessoas.

Os encontros 5º e 6º foram dedicados à realização da experimentação, em que os estudantes efetuaram testes de detecção de determinados agrotóxicos em amostras trazidas por eles mesmos utilizando a técnica de CLAE, que serão detalhados mais adiante em tópicos posteriores. Esse momento foi de consolidação do que foi estudado, debatido, e agora está sendo posto em prática.

Após as análises das amostras, os estudantes montaram um seminário para apresentarem os resultados obtidos, promovendo a discussão da temática estudada com a técnica de CLAE e a reflexão CTSA, onde os mesmos receberam artigos abordando a técnica estudada e as consequências na sociedade do uso de agrotóxicos, bem como apresentaram seus projetos de pesquisa, nos encontros 7º e 8º. No 9º encontro foi realizada uma visita técnica à Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (Nutec), que possui laboratórios equipados para atender a demanda de análises de agrotóxicos em amostras de alimentos do setor industrial, governamental e comunidade cearense. No 10º e último encontro foi realizada a aplicação

(reteste cego) do COCTS, entrega dos projetos finais e aplicação de um questionário aberto complementar contendo 4 questões sobre o conteúdo da aula, o tema “Agrotóxicos” e sua importância para o cotidiano e sobre a visita técnica ao NUTEC.

3.5.1 Questões do COCTS utilizadas na pesquisa

Como visto, o COCTS possui um montante de 100 questões que abordam os mais variados temas relacionados a CTSA. Por ser flexível, ele permite a aplicação de todas as questões, no entanto, isso demanda muito tempo, o que não cabe no cronograma de aplicação desta pesquisa.

Por não poder trabalhar com todas as questões, optou-se por selecionar apenas algumas que melhor representassem os objetivos aqui propostos. Essa seleção se deu com base na leitura integral do COCTS, analisando quais questões mais se adequavam aos objetivos propostos nesta pesquisa, uma vez que esse questionário tem uma abordagem muito ampla, o que possibilita sua aplicação em diversos contextos. As questões selecionadas serviram de base para averiguação no pré-teste e posterior comparação com o pós-teste (método de teste-reteste cego já mencionado). As 9 questões selecionadas para aplicação nesta pesquisa possuem um total de 57 frases que precisarão ser classificadas com escala de pontuação de 1 a 9 conforme o grau de acordo do estudante. No Quadro 4 estão expostas as dimensões exploradas nas questões selecionadas que podem ser conferidas na íntegra no Anexo B.

Quadro 4 – Dimensões exploradas nas questões do COCTS selecionadas para esta pesquisa
(continua)

Temas	Subtemas	Número da questão no COCTS
Definições		
1. Ciência e Tecnologia	01. Ciência	10111
	02. Tecnologia	10211
	04. Interdependência	10411
Sociologia externa da ciência e tecnologia		
2. Influência da sociedade na ciência e tecnologia	02. Indústria	20211
3. Influência tríade	01. Interação CTSA	30111
4. Influência da ciência e tecnologia na sociedade	01. Responsabilidade social	40131
	05. Bem-estar econômico	40531

Quadro 5 – Dimensões exploradas nas questões do COCTS selecionadas para esta pesquisa
(conclusão)

Temas	Subtemas	Número da questão no COCTS
Definições		
Sociologia interna da ciência e tecnologia		
8. Construção social da tecnologia	01. Decisões tecnológicas	80131
Epistemologia		
9. Natureza do conhecimento científico	04. Provisoriedade	90411

Fonte: autor (2020)

Apesar de serem poucas questões, se comparadas ao total contidas no COCTS (100 questões), estas proporcionam uma gama de discussões acerca do tema investigado, o que confere ao pesquisador a possibilidade de realizar uma discussão extensa e aprofundada, extraindo o máximo de informação que cada questão disponibiliza.

3.5.2 Seminário como forma de discussão e avaliação

O ensino pautado nos preceitos da CTSA envolve o estímulo à reflexão crítica do estudante, ao desenvolvimento de, por parte do professor, aulas mais estimulantes, fugindo do aspecto tradicionalista amplamente utilizado. O estudante precisa ser estimulado ao debate, a questionar, e para isso, precisa ter a formação necessária. Pensando nisso, optou-se pela estratégia metodológica do estudo de caso, pois como aponta Yin (2001), um dos objetivos dessa estratégia usada para o ensino é a promoção do debate. Com isso, uma das etapas do processo de aplicação da pesquisa foi a utilização de seminários como estratégia de ensinagem (ANASTASIOU; ALVES, 2003).

O uso do termo “estratégia” é justificado por Anastasiou e Alves (2003) como sendo a definição da postura que o professor deverá buscar seguir, de um estrategista mesmo, pois para ministra uma aula o mesmo terá que estudar, selecionar, organizar e propor, da melhor forma possível, ferramentas que facilitem a apropriação do conhecimento por parte dos estudantes. Os autores apresentam um total de 20 (vinte) estratégias de ensinagem, no entanto, esta pesquisa se apoiará na utilização da estratégia de número 12, o Seminário. No Quadro 5, é possível observar a descrição das etapas a serem seguidas para a sua utilização.

Quadro 6 – Etapas da utilização do Seminário

Descrição	É um espaço em que as ideias devem germinar ou ser semeadas. Portanto, espaço onde um grupo discuta ou debata temas ou problemas que são colocados em discussão.
Operações predominantes de pensamento	Análise, interpretação, crítica, levantamento de hipóteses, busca de suposições, obtenção de organização de dados, comparação, aplicação de fatos a novas situações.
Dinâmica da atividade	Três momentos: 1. Preparação (papel do professor é fundamental): • Apresentar o tema e/ou selecioná-lo conjuntamente com os estudantes, justificar sua importância; • Desafiar os estudantes, apresentar os caminhos para realizarem as pesquisas e suas diversas modalidades (bibliográfica, de campo ou de laboratório); • Organizar o calendário para as apresentações dos trabalhos dos estudantes; • Orientar os estudantes na pesquisa (apontar fontes de consulta bibliográfica e/ou pessoas ou instituições) e na elaboração de seus registros para a apresentação ao grupo; • Organizar o espaço físico para favorecer o diálogo entre os participantes. 2. Desenvolvimento: Discussão do tema, em que o secretário anota os problemas formulados, bem como soluções encontradas e as conclusões apresentadas. Cabe ao professor dirigir a sessão de crítica ao final de cada apresentação, fazendo comentários sobre cada trabalho e sua exposição, organizando uma síntese integradora do que foi apresentado. 3. Relatório: trabalho escrito em forma de resumo, pode ser produzido individualmente ou em grupo.
Avaliação	Os grupos são avaliados e exercem também a função de avaliadores. Os critérios de avaliação devem ser adequados aos objetivos da atividade em termos de conhecimento, habilidades e competências. Sugestão de critérios de avaliação: • Clareza e coerência na apresentação; • Domínio do conteúdo apresentado; • Participação do grupo durante a exposição; • Utilização de dinâmicas e/ou recursos audiovisuais na apresentação.

Fonte: Anastasiou e Alves (2003)

A dinâmica da atividade que foi desenvolvida nos seminários foi apresentada aos alunos ao final do 6º encontro, sendo firmada as datas para sua apresentação. O seminário consistiu em apresentar os resultados obtidos ao final da aula experimental, em que os estudantes expuseram se os testes foram positivos ou negativos para a presença dos agrotóxicos analisado nas amostras de pimentão, bem como apresentaram seus respectivos projetos de pesquisa.

3.6 Condições cromatográficas e escolha do material para a realização da experimentação

A aula experimental foi realizada no Laboratório de Química Analítica e Microbiologia Ambiental (LAQAMB), localizado no IFCE – *Campus* Maracanaú. Para a realização de análises cromatográficas de qualquer espécie é necessária a montagem de um método a ser seguido. Para as análises aqui propostas e com bases nos agrotóxicos que foram analisados, foi montado um método de análises baseado nos trabalhos de Sanyal, Chakma e Alam (2008), Dewangan, Mishra e Mandal (2016) e Abd-Alrahman (2014).

As análises foram realizadas no modo gradiente, conforme exposto na Tabela 5, usando como fase móvel uma mistura de acetonitrila/água e volume de injeção de 20 µL (*loop*). O equipamento de cromatografia utilizado é equipado com um detector UV-VIS, que foi programado com monitoramento em 254 e 270 nm e utilizando uma coluna de fase móvel Kinetex EVO C18, com especificações de 250 x 4,6 mm e 5 µm de espessura de filme. A duração da corrida cromatográfica ficou ajustada em 15 minutos.

Tabela 5 – Gradiente utilizado no método cromatográfico

Tempo inicial (min)	Solvente (%)		Vazão (ml/min)
	Água	Acetonitrila	
0	90	10	0,7
5	70	30	
10	90	10	
15	90	10	

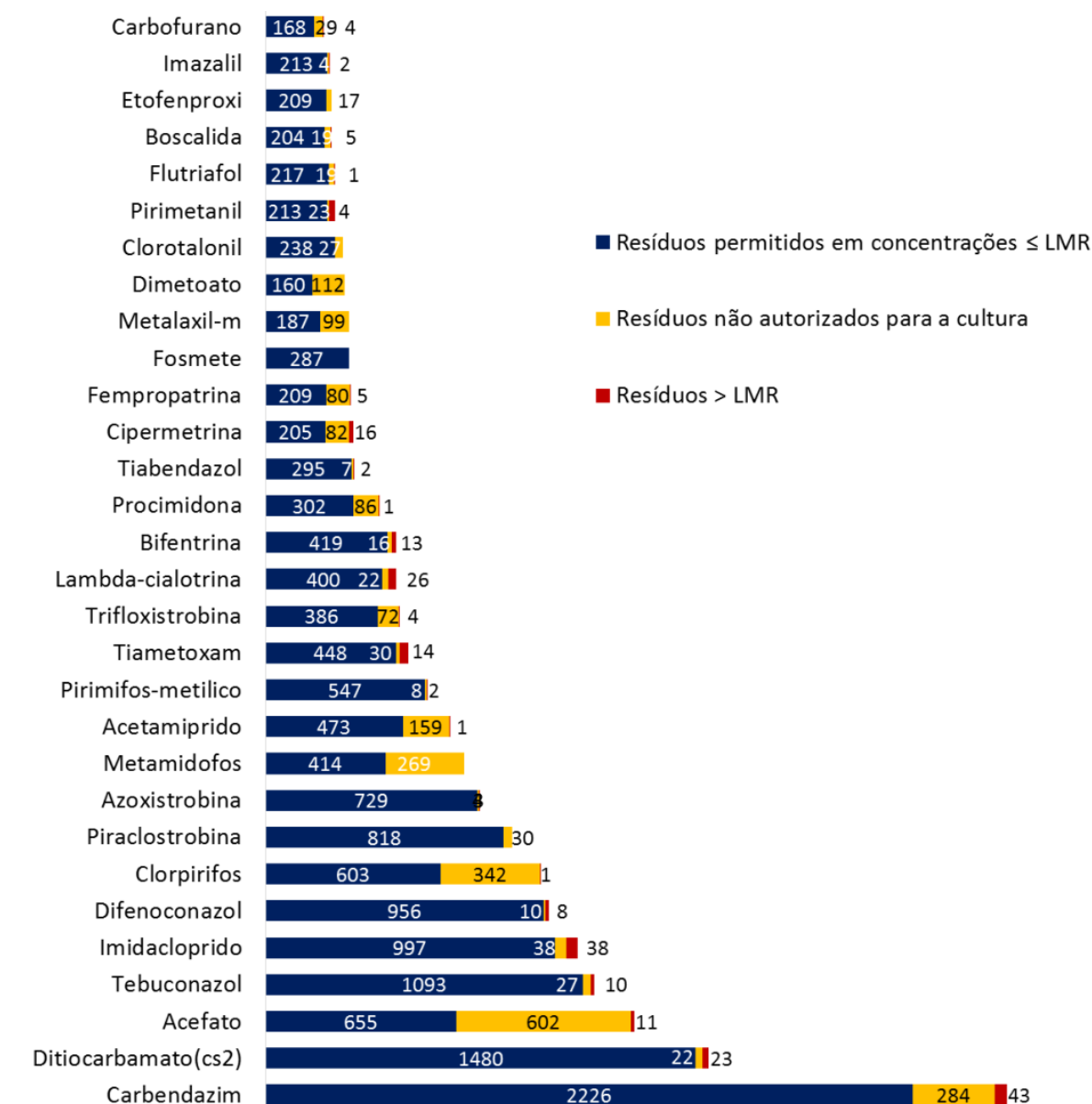
Fonte: autor (2020)

3.6.1 Agrotóxicos utilizados na aula experimental

Para a escolha dos agrotóxicos utilizados nesta pesquisa, foram usados três critérios: primeiro, através de análises realizadas pelo Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) (ANVISA, 2016) observar quais as substâncias mais encontradas e se foi proveniente de amostras irregulares; segundo, analisar um fator de risco à saúde, direto ou indireto, causado pela substância a ser escolhida; e, por último, verificar se o laboratório onde a aula prática seria realizada possui o padrão do agrotóxico para ajustar o método a ser utilizado na CLAE.

Analisou-se o documento PARA (ANVISA, 2016) que apresenta os agrotóxicos com o maior número de detecções, em que considera todas as amostras analisadas no período de 2013 a 2015, e número de detecções superior a 200 (ANVISA, 2016). Na Figura 5 pode-se observar os resultados obtidos.

Figura 5 – Agrotóxicos com número de detecções superior a 200

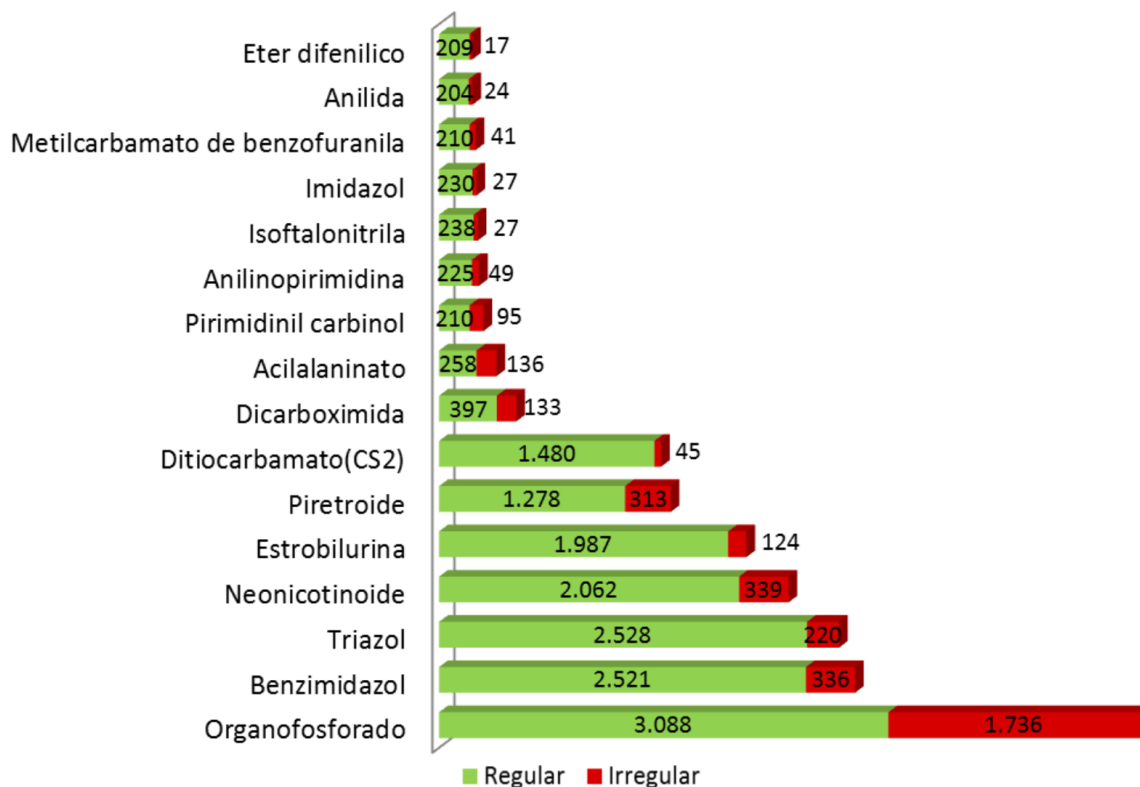


Fonte: Anvisa (2016)

Em seguida, foi analisada uma lista contendo todos os padrões de agrotóxicos disponíveis no laboratório de realização da prática, posteriormente, sendo comparada à Figura 5 para observar quais substâncias se faziam disponíveis. Na lista do laboratório foram encontrados 5 (cinco) padrões de agrotóxicos: Tebuconazol, Imidacloprido, Acetamiprido, Tiametoxam e Bifentrina. Os 5 agrotóxicos encontrados estão incluídos nos seguintes grupos

químicos: Piretroide (Bifentrina), Neonicotinoide (Imidacloprido, Acetamiprido, Tiametoxam) e Triazol (Tebuconazol). Estes grupos estão entre os seis com maior quantidade de substâncias detectadas apontadas pelo PARA, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Grupos químicos de agrotóxicos com maior número de detecções



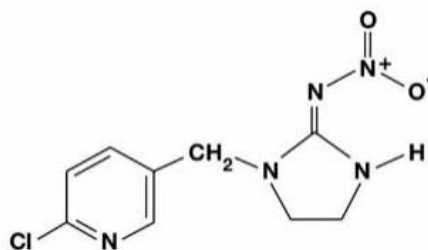
Fonte: Anvisa (2016)

Dentre as três classes, a Triazol é que se encontra com maior número de amostras detectadas, como observado na Figura 6, no entanto, a Neonicotinoide possui um maior número de amostras irregulares (339 contra 220 da Triazol). Além disso, essa classe de agrotóxicos vem despertando a comunidade científica para o alerta do desaparecimento de abelhas, pois substâncias como o Imidacloprido e Tiametoxam tem apresentado grande toxicidade a elas (GONÇALVES, 2012). Pires *et al.*, (2016) mostram diversos estudos que apontam para o desaparecimento de abelhas de algumas espécies devido aos neonicotinoides, apontando ainda que com base em vários outros estudos, a União Europeia, em 2014, suspendeu o uso de vários inseticidas desse grupo para reavaliação.

Devido a isso, optou-se por analisar os agrotóxicos da classe dos neonicotinoides: Imidacloprido, Acetamiprido, Tiametoxam. Suas estruturas e nomes químicos podem ser observadas na Figura 7.

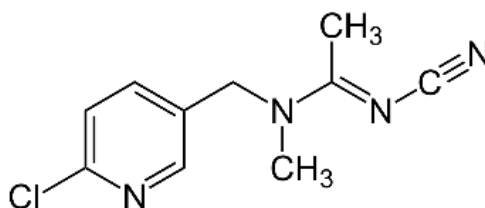
Figura 7 – Estruturas e nomes químicos dos agrotóxicos imidacloprido, acetamiprido e tiametoxam

(a) Imidacloprido



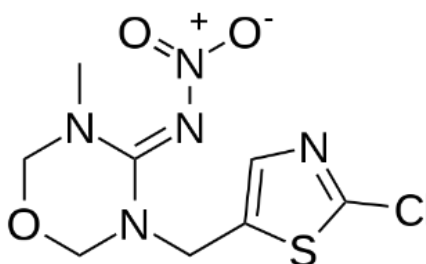
1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine

(b) Acetamiprido



(E)-N1-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N2-cyano-N1-methylacetamidine

(c) Tiametoxam



3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine

Fonte: Anvisa [s.d.]

Os agrotóxicos aqui selecionados são classificados de acordo com a Regularização de Produtos – Agrotóxicos, disponível no site da Anvisa, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos agrotóxicos utilizados na pesquisa de acordo com a Regularização de Produtos da Anvisa

Pesticida	Grupo Químico	Classe agrônômica	Toxicologia
Imidacloprido	Neonicotinoide	Inseticida	III
Acetamiprido	Neonicotinoide	Inseticida	III
Tiametoxam	Neonicotinoide	Inseticida	III

Fonte: Anvisa [s.d.]

Os agrotóxicos do tipo inseticida são compostos químicos ou biológicos, classificados como inorgânicos, orgânicos sintéticos, orgânicos naturais e biológicos, que possuem, em

baixas concentrações, letalidade aos insetos (DOMINGUES *et al.*, 2004). A toxicologia é classificada como III, o que indica ser moderadamente tóxico com DL₅₀ de 500 a 5000 ppm. Apesar de ser classificado apenas com toxicologia moderada, é importante salientar que o estudo dessa classificação é limitado, pois não aborda a exposição a mais de um agrotóxico ao mesmo tempo, realidade vivida por muitos agricultores (FRIEDRICH, 2013).

3.6.2 Escolha do pimentão (*Capsicum annuum* L.) como matriz de testes

Com o exposto aqui, esta pesquisa pretendeu, através de aulas experimentais dentro do cronograma de aplicação da pesquisa, analisar a presença dos agrotóxicos apresentados no tópico anterior em amostras de pimentão, pois foi a que apresentou o maior percentual de contaminação segundo apontou o Dossiê ABRASCO (CARNEIRO, 2015), com média de 91,8% de amostras contaminadas, concluindo-se assim que seria a melhor matriz de testes para fazer a contextualização desse tema. De acordo com a Regularização de Produtos – Agrotóxicos, disponível no site da Anvisa, as quantidades dos agrotóxicos imidacloprido, acetamiprido e tiametoxam permitidas para a cultura do pimentão está descrito na Tabela 7, logo abaixo, bem como as condições aplicação.

Tabela 7 – Quantidade dos agrotóxicos utilizados permitida para a cultura de pimentão

PIMENTÃO			
	Imidacloprido	Acetamiprido	Tiametoxam
Aplicação	Foliar	Foliar	Foliar/Solo
LMR (mg/kg)	0,5	0,5	0,2
Intervalo de segurança	7 dias	3 dias	1/46 dias

Fonte: Anvisa [s.d.]

Segundo o relatório do PARA (ANVISA, 2016), foram analisadas um total de 243 amostras de pimentão, em que 27 foram consideradas satisfatórias, sendo que 5 não apresentaram resíduos dos agrotóxicos analisados e 22 apresentaram resíduos com concentrações iguais ou inferiores ao LMR estabelecido. Dos 116 agrotóxicos pesquisados, um total de 59 diferentes foram encontrados, sendo o imidacloprido o que apresentou o maior número de detecções, 139 amostras (57,2%). O acetamiprido foi encontrado em 45 amostras (18,5%) e o tiametoxam em 70 (28,8%) (ANVISA, 2016).

Em 19 amostras foi encontrado a presença de resíduos de agrotóxicos acima do LMR, sendo o imidacloprido um dos mais detectados. Das 243 amostras analisadas, 214 apresentaram agrotóxicos não autorizados para uso na cultura de pimentão (ANVISA, 2016).

3.6.3 Preparação da matriz de testes: método de QuEChERS

A preparação da amostra para a execução do experimento consistiu basicamente em realizar a extração do analito (pimentão) e efetuar a remoção dos interferentes, tanto quanto for possível. Os passos mais comuns na preparação da amostra envolveram a amostragem, homogeneização, extração, limpeza do extrato e concentração do mesmo antes da análise.

Como a amostra que foi realizado o teste (pimentão) apresenta matrizes complexas, propriedades químicas distintas e baixa concentração dos agrotóxicos a serem analisados (analito), requer uma etapa fundamental de preparo. Assim como aponta Costa (2012, p. 25), “para a determinação de agrotóxicos, faz-se necessário o emprego de métodos multirresíduo de fácil aplicação e de eficiência adequada para superar os limites impostos pela legislação”. O autor ainda destaca que o método selecionado para realizar uma análise multirresíduo deve garantir, dentre outras coisas, baixos limites de detecção.

Assim, em 2003, com o objetivo de superar as limitações dos métodos multirresíduos de extração, Anastassiades *et al.*, (2003, *apud* PRESTES *et al.*, 2009) introduz um novo procedimento de preparo de amostras para analisar resíduo de agrotóxicos, que foi denominado de QuEChERS, acrônimo das palavras em inglês *Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe*. “Esse método, que tem como vantagens ser rápido, fácil, econômico, efetivo, robusto e seguro, explora as possibilidades oferecidas pela instrumentação analítica moderna” (PRESTES *et al.*, 2009, p. 1621). O autor ainda aponta que o desenvolvimento do método buscava-se alcançar um procedimento dinâmico e que pudesse ser reproduzido em qualquer laboratório devido a facilidade de aplicação, como mostra o fluxograma da Figura 8, representando genericamente o método de QuEChERS original.

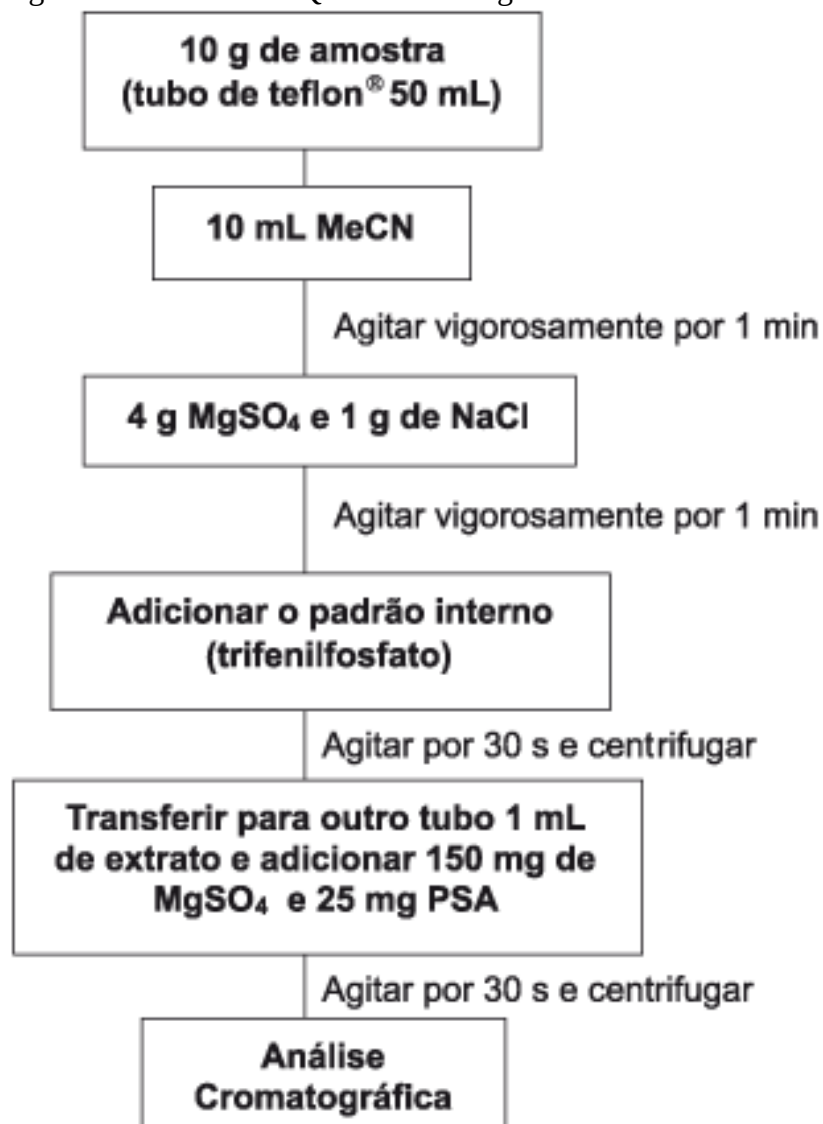
Entre as principais vantagens deste método, com relação aos métodos, tradicionais estão:

- Altos valores de recuperações para uma ampla faixa de agrotóxicos;
- Elevado grau de exatidão e precisão;
- Preparo de um grande número de amostras em um curto período de tempo;

- Redução no volume de solventes orgânicos e simplicidade de operação.

Para a execução do método de QuEChERS, foi realizada uma adaptação das etapas originais, descritas na Figura 8, para esta pesquisa, no qual o estudante irá precisar dos materiais contidos no Quadro 6. Na Figura 9 está o fluxograma do método aqui utilizado.

Figura 8 – Fluxograma do método de QuEChERS original



Fonte: Prestes *et al.*, (2009)

Quadro 7 – Material que será utilizado na aula experimental

(continua)

Material	Quantidade
Cromatógrafo líquido de alta eficiência	01
Balança analítica	01
Agitador <i>vórtex</i>	01
Centrífuga	01

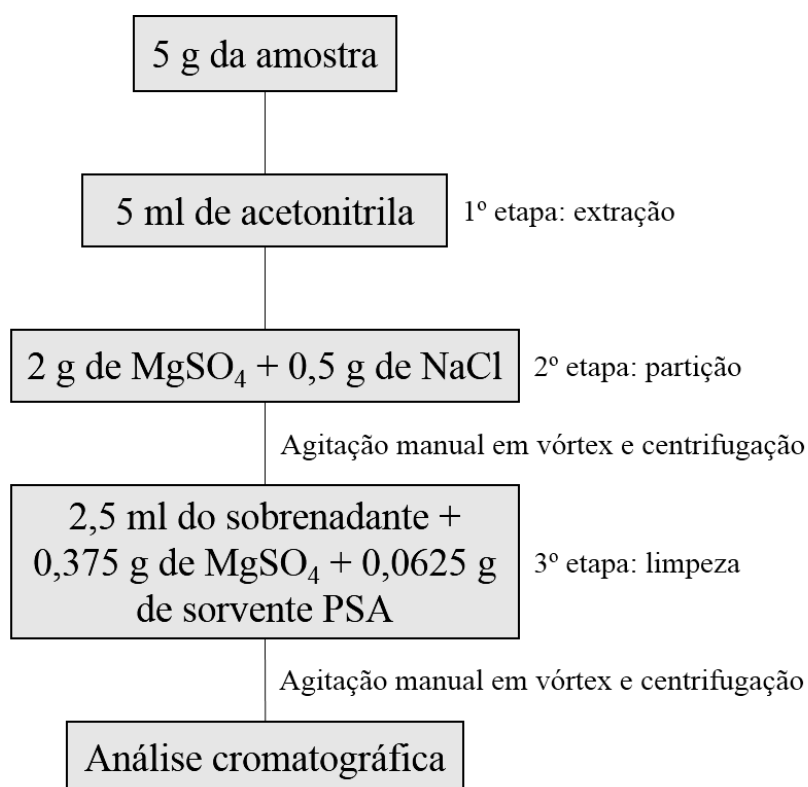
Quadro 8 – Material que será utilizado na aula experimental

(conclusão)

Material	Quantidade
Liquidificador	01
Espátula	04
Micropipeta	01
Ponteira	02
Cloreto de sódio	0,5 g
Acetonitrila	5 mL
Sulfato de magnésio	2,375 g
Sorvente PSA	0,0625 g
Tubo de Falcon de 15 mL (2)	02
Béquer de 50 mL (1)	01
Amostra de pimentão	5 g
Frasco de <i>ependorf</i> (2)	02

Fonte: autor (2020)

Figura 9 – Fluxograma do método de QuEChERS aqui utilizado



Fonte: autor (2020)

O processo ocorreu da seguinte forma: com o fruto *in natura* o estudante fracionou-o e em seguida adicionou-o no liquidificador para processá-lo até obter uma pasta homogênea. Pesou-se 5 g da amostra obtida em tubo de Falcon e adicionou-se 5 mL de acetonitrila, 2,0 g de sulfato de magnésio anidro, 0,5 g de cloreto de sódio, seguido de agitação por 1 minuto em

agitador vórtex. Após a agitação, centrifugou-se a amostra por 10 minutos a 3000 rotações por minuto (RPM).

Após o processo acima, transferiu-se uma alíquota de 2,5 mL da fase líquida para o segundo tubo de Falcon e adicionou-se 0,375 g de sulfato de magnésio e 0,0625 g de sorvente PSA, seguido de agitação em vórtex por 1 minutos e centrifugação de 10 minutos a 3000 RPM. Por fim, retirou-se uma alíquota de 2,0 mL da fase líquida e adicionou-a em um frasco de *ependorf*. Após isso, a amostra está pronta para análise no cromatógrafo.

3.6.4 Construção da curva analítica

A construção do método cromatográfico que foi utilizado (já descrito anteriormente) e da curva analítica para a quantificação das amostras requerem muito tempo de preparo, logo, esse processo já foi realizado antes da aplicação da pesquisa com alunos, pois não se configuram como objetivos desse trabalho. A seguir, será descrito o processo de construção das curvas para servirem de referências aos alunos quando forem realizar a aula experimental.

Para realizar a quantificação dos compostos de interesse nesse tipo de análise podem ser usados os seguintes métodos: padronização externa, padronização interna, superposição de matriz e adição padrão (RIBANI *et al.*, 2004). Na Tabela 7 é possível observar o resumo de cada um dos tipos de métodos que podem ser utilizados para quantificar as amostras analisadas.

Quadro 9 – Resumo dos métodos de padronização externa, padronização interna, superposição de matriz e adição padrão

(continua)

Método	Execução	Observação
Padronização externa	O método de padronização externa compara a área da substância a ser quantificada na amostra com as áreas obtidas com soluções de concentrações conhecidas preparadas a partir de um padrão.	Este método é sensível a erros de preparo das amostras e dos padrões e de injeção das soluções padrão e das amostras e por isso deve ser feito a cada análise.
Padronização interna	O método de padronização interna consiste na preparação das soluções padrão de concentrações conhecidas da substância de interesse, às quais se adiciona a mesma quantidade conhecida de um composto chamado padrão interno.	Este método é bastante útil em cromatografia gasosa, na qual se usa seringa para injeção de amostra ⁴² e por isso deve ser feito a cada análise.

Fonte: Ribani *et al.*, (2004, p. 774-775)

Quadro 10 – Resumo dos métodos de padronização externa, padronização interna, superposição de matriz e adição padrão

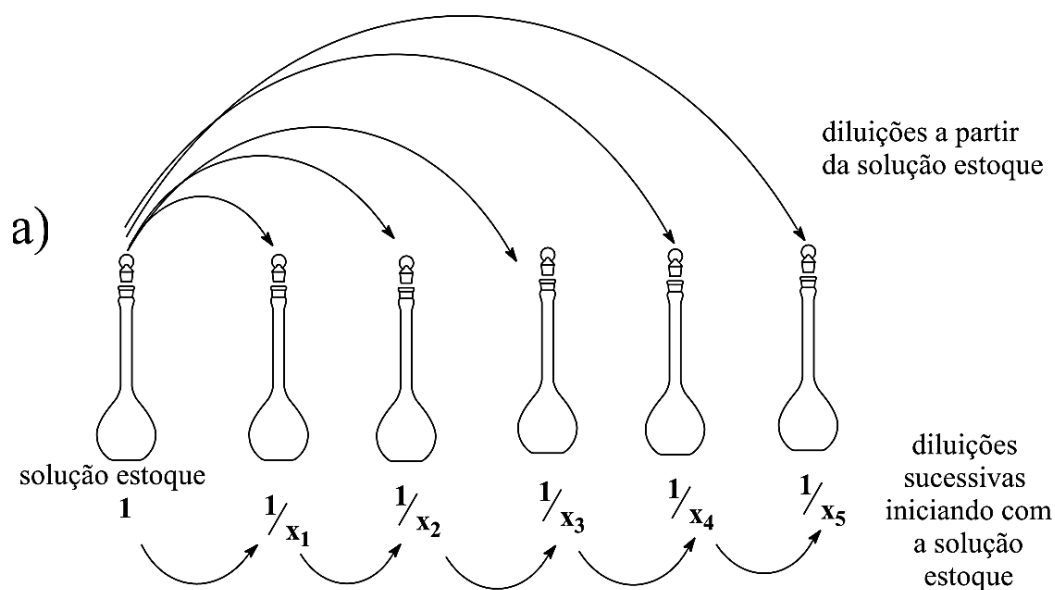
(conclusão)

Método	Execução	Observação
Superposição de matriz	O método de superposição de matriz (“matrix-matched”) consiste na adição do padrão da substância em diversas concentrações em uma matriz similar à da amostra, isenta da substância, e construção do gráfico de calibração relacionando as áreas obtidas com as concentrações dos padrões.	A intensidade de um efeito e a concentração de interferentes na matriz podem diferir de uma matriz ou amostra para outra, assim, em amostras nas quais pode ocorrer o efeito da matriz e não se tem disponível uma matriz isenta da substância de interesse para utilizar o método de superposição de matriz, deve-se utilizar o método de adição padrão.
Adição de padrão	O método de adição padrão consiste na adição de quantidades conhecidas da substância de interesse que está sendo analisada a quantidades conhecidas da amostra, antes do seu preparo.	O método de adição padrão é trabalhoso, mas é especialmente importante quando a amostra é muito complexa.

Fonte: Ribani *et al.*, (2004, p. 774-775)

Na realização da experimentação desta pesquisa foi utilizado o método de adição de padrão, no qual foram adicionadas quantidades conhecidas das substâncias a serem analisadas (imidacloprido, acetamiprido e tiametoxam) às porções conhecidas das amostras de interesse (pimentão), antes do preparo dessa amostra pelo método de QuEChERS, o que permite verificar se é um método seguro e se oferece boa recuperação após o processo de extração, descrito na Figura 9. Foram preparadas diluições a partir de uma solução mais concentrada, feita pela pesagem dos padrões dos agrotóxicos, denominada solução estoque (RIBANI *et al.*, 2004), e posteriormente preparadas soluções por diluição, conforme figura 10, com especificações descritas na Tabela 8 para a construção do 5 (cinco) pontos que iriam compor a curva analítica. Tais diluições são chamadas de soluções trabalhos (RIBANI *et al.*, 2004). Na Figura 11 é possível observar os frascos de *ependorf* com os analitos para construção da curva.

Figura 10 – Esquema de preparação das soluções por diluição



Fonte: Ribani *et al.*, (2004, p. 775)

Tabela 8 – Especificações para a preparação das soluções trabalho

	Imidacloprido	Acetamiprido	Tiametoxam
Solução estoque (ppm)	10		
	0,1	0,1	0,1
	0,5	0,5	0,5
Soluções de trabalho (ppm)	1,0	1,0	1,0
	1,5	1,5	1,5
	2,0	2,0	2,0

Fonte: autor (2020)

Figura 11 – Frascos de *ependorf* com os analitos para construção da curva

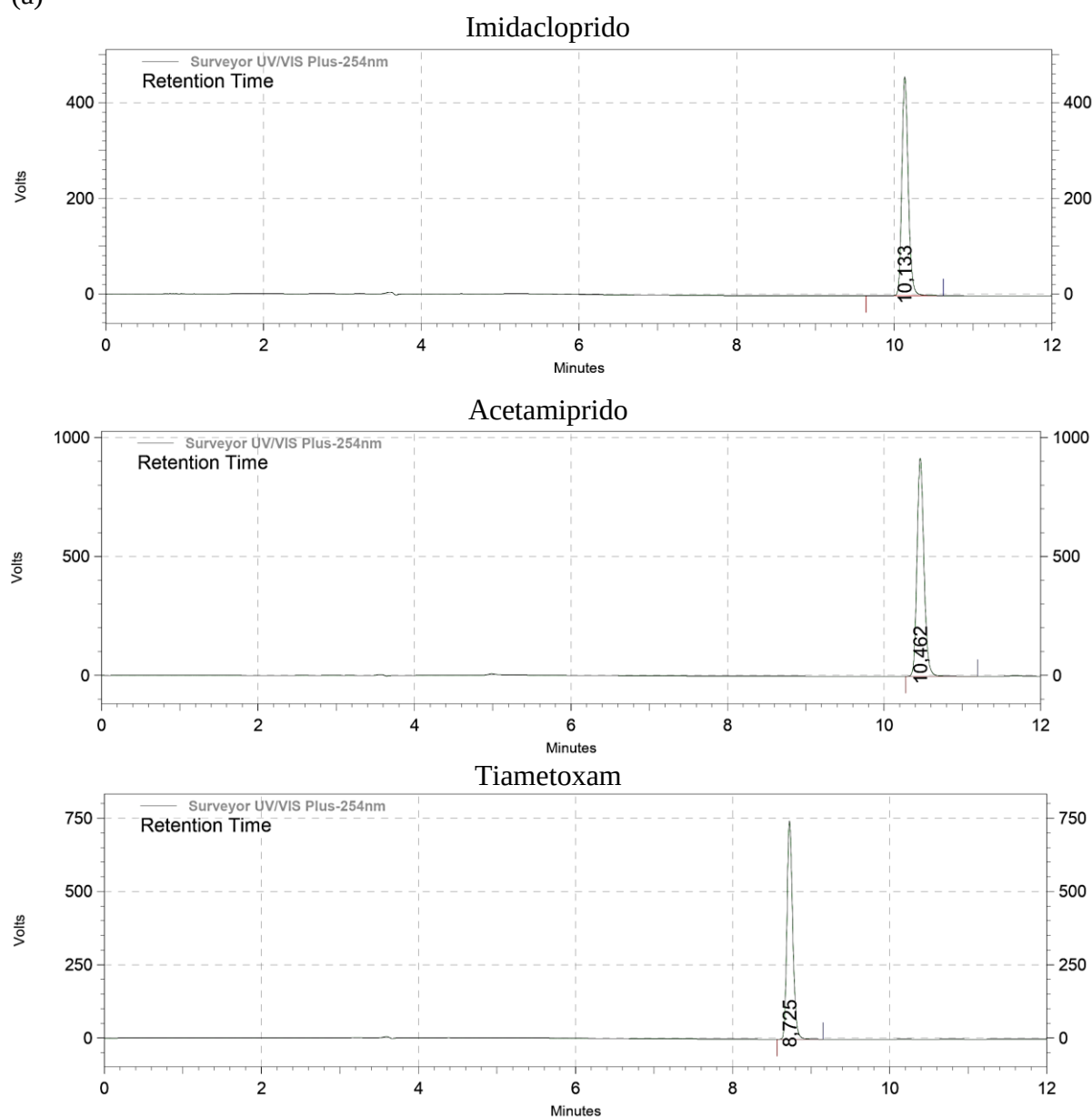
Fonte: autor (2020)

Inicialmente, foram realizados testes com cada padrão de agrotóxico individualmente, com concentração em 10 ppm, o que permitiu a visualização do tempo em que levariam para serem detectados pelo equipamento (tempo de retenção), possibilitando a sua identificação

posteriormente, e em seguida, uma corrida com a mistura dos três, obtendo-se os cromatogramas descritos na Figura 12. Isso permitiu estabelecer os tempos de retenção dos agrotóxicos individualmente e em mistura. Para todas as corridas de testes realizadas foram feitas leituras nos comprimentos de 254 e 270 nm, baseadas nos trabalhos de Sanyal, Chakma e Alam (2008), Dewangan, Mishra e Mandal (2016) e Abd-Alrahman (2014), como inicialmente planejado no entanto, foram utilizados apenas as análises obtidas em 254 nm, pois apresentaram melhores resultados.

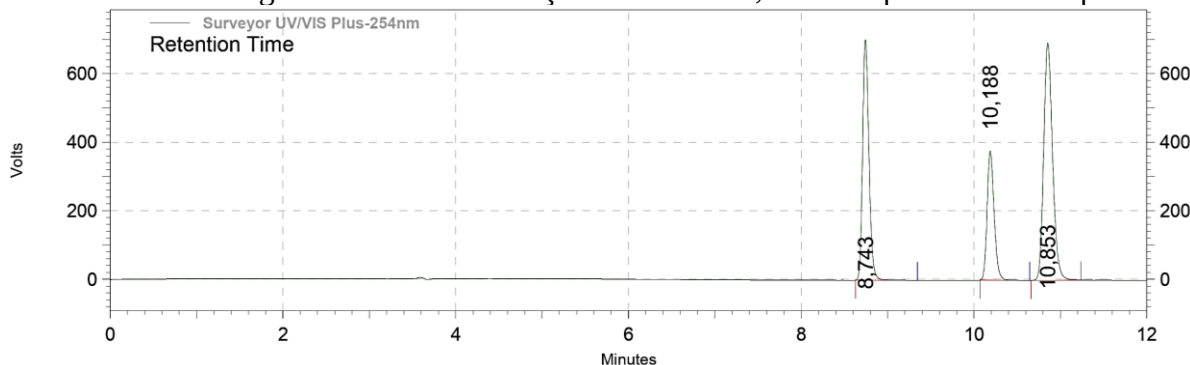
Figura 12 – Cromatogramas dos agrotóxicos individualmente (a) e em mistura (b)

(a)



(b)

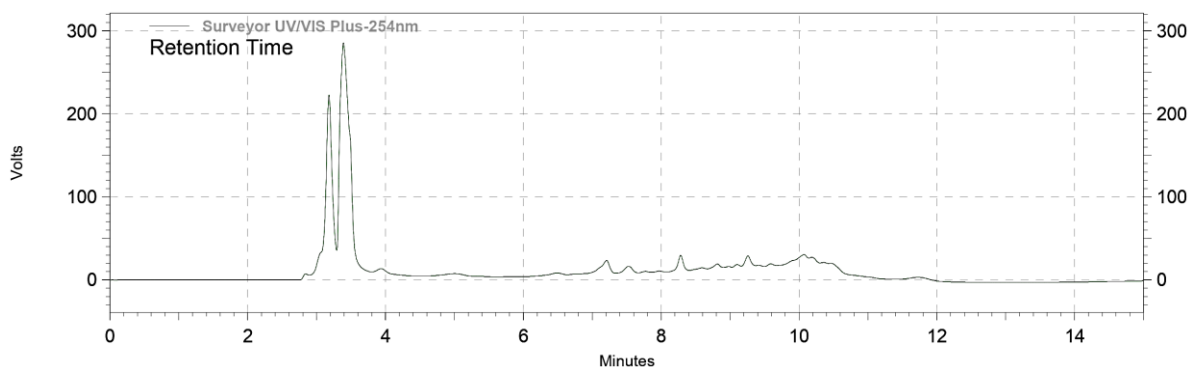
Mistura com a seguinte ordem de detecção: tiametoxam, imidacloprido e acetamiprido.



Fonte: autor (2020)

Após o processo descrito acima, foi realizada uma corrida com a matriz de um pimentão orgânico, o que permitiu a análise dos picos gerados pelas amostras, possibilitando a comparação aos picos gerados pelos agrotóxicos. Isso assegura ao pesquisador conferir se os picos dos analitos (agrotóxicos) não estão confundindo-se com os da matriz (pimentão), ocasionando erros no experimento. Na Figura 13 é possível observar o cromatograma do pimentão orgânico (sem a presença de agrotóxicos).

Figura 13 – Cromatograma de uma amostra de pimentão orgânico



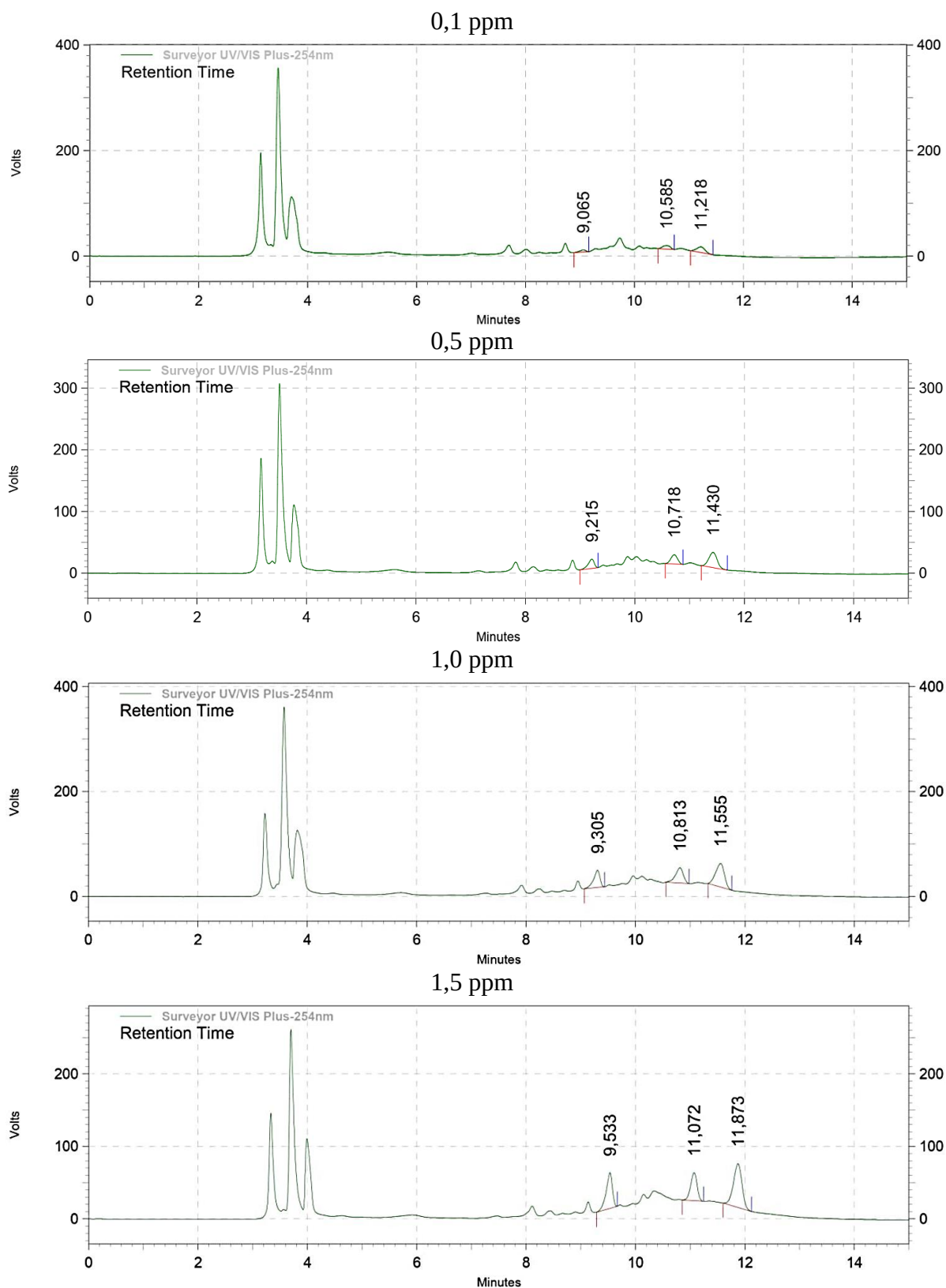
Fonte: autor (2020)

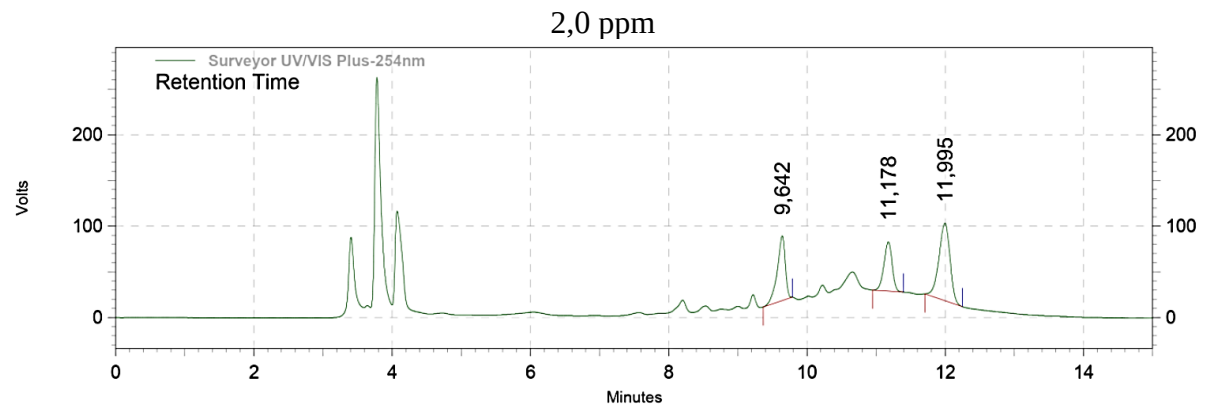
Ao observar os cromatogramas dos agrotóxicos e do pimentão percebe-se que os picos obtidos em ambas as análises não coincidem, permitindo uma melhor identificação dos analitos nos experimentos posteriores.

Após essa fase inicial, foram realizadas as análises no cromatógrafo das diferentes concentrações dos agrotóxicos estudados (0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm), obtendo-se os cromatogramas descrito na Figura 14, e a partir destes, ocorreu a construção da curva analítica relacionado as quantidades da substância adicionada à amostra com as respectivas áreas obtidas

(RIBANI *et al.*, 2004). Na Figura 15 podem ser observadas as curvas analíticas que servirão de referência na aula experimental.

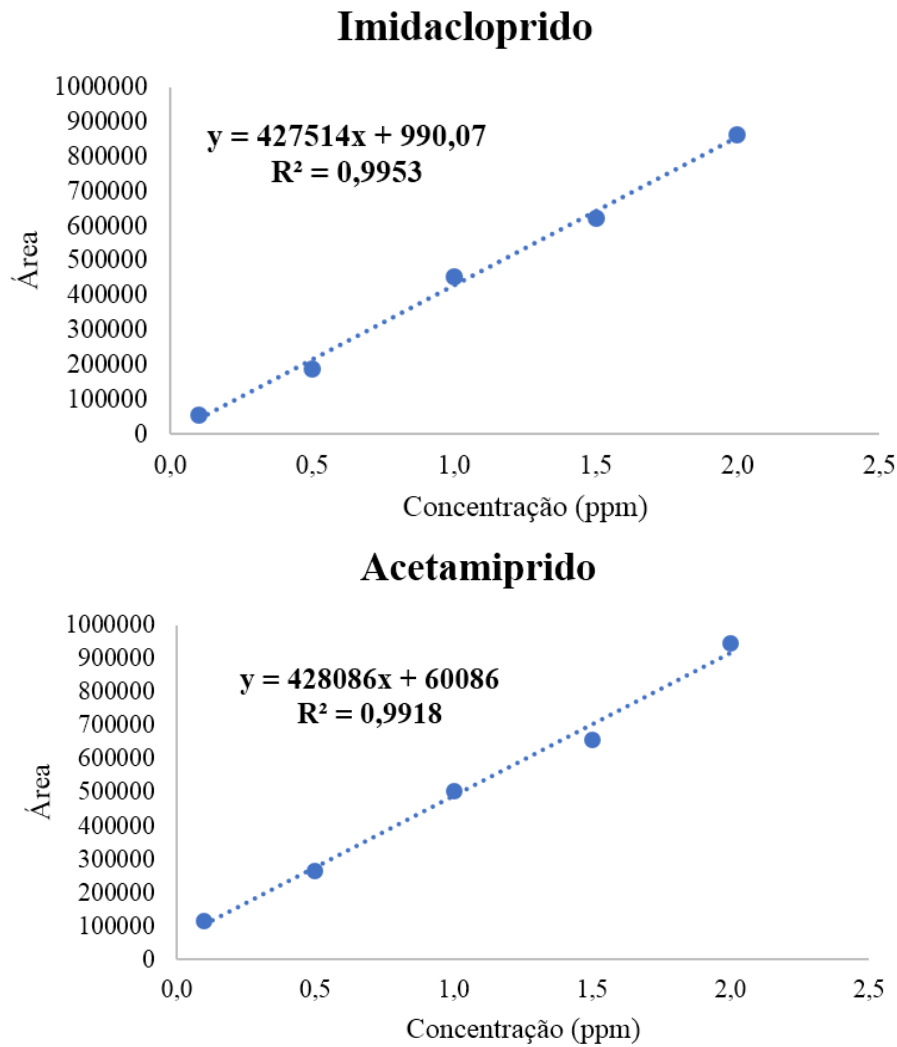
Figura 14 – Cromatograma nas diferentes concentrações (0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm) para construção da curva

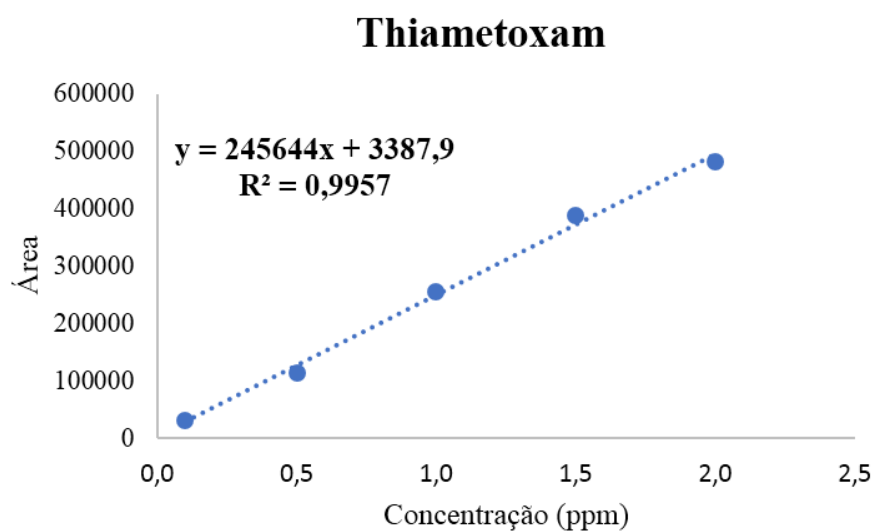




Fonte: autor (2020)

Figura 15 – Curvas analíticas que servirão de referência na aula experimental





Fonte: autor (2020)

A curva analítica para os três agrotóxicos testados foi construída com quantidades na faixa de 0,1 a 2,0 ppm. Foi observado uma relação linear considerada precisa (DEWANGAN; MISHRA; MANDAL, 2016) entre a quantidade injetada e área do pico resultante em toda a faixa dos 5 pontos, com coeficiente de determinação (R^2) com valores entre 0,9918 a 0,9957.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão discutidos a partir dos aspectos quantitativos mais globais do público-alvo da pesquisa, como os parâmetros estatísticos descritos da amostra para todos os itens aplicados, comparação das médias gerais das questões aplicadas no teste e reteste, até os aspectos mais qualitativos e específicos, como a análise individual por aluno e pontuações de itens específicos de questões.

Para realizar a análise dos resultados, calcula-se o índice médio de cada frase (item) do questionário para cada sujeito da pesquisa. Esse cálculo individual de cada frase é possível por se trata de um questionário com modelo de resposta múltipla, o que permite a realização de uma discussão mais ampla. A partir desse índice, uma média global por questão, os índices médios globais de cada categoria (Adequado, Plausível e Ingênuo) e os índices globais das 9 questões aplicadas podem ser obtidos.

4.1 Concepções atitudinais do público-alvo no aspecto geral

Primeiramente, será feita a análise geral das médias das 57 frases que compõem o questionário bem como das categorias (Adequado, Plausível e Ingênuo) atribuídas a essas frases de todo o público-alvo. Os parâmetros utilizados para fazer a primeira aproximação à descrição estatística desses valores é a média aritmética e o desvio padrão (DP) das médias de cada uma das frases e categorias, valores condensados na Tabela 9.

Tabela 9 – Distribuição das médias dos índices atitudinais normalizados (-1 a +1) de acordo com as repostas dos sujeitos aos itens do COCTS

(continua)

Teste					
	Média das pontuações ¹	Adequada ²	Plausível ²	Ingênuo ²	IGP ³
Média	0,141	0,542	-0,111	0,030	0,154
DP	0,368	0,263	0,234	0,335	0,277
Máximo⁴	0,839	0,835	0,296	0,458	0,530
Mínimo⁴	-0,607	-0,042	-0,475	-0,467	-0,328

Tabela 10 – Distribuição das médias dos índices atitudinais normalizados (-1 a +1) de acordo com as repostas dos sujeitos aos itens do COCTS

(conclusão)

	Média das pontuações¹	Adequada²	Plausível²	Ingênua²	IGP³
	Reteste				
Média	0,153	0,544	0,038	-0,006	0,192
DP	0,342	0,201	0,250	0,306	0,252
Máximo⁴	0,768	0,844	0,471	0,531	0,616
Mínimo⁴	-0,536	0,032	-0,509	-0,375	-0,284

Fonte: autor (2020)

Notas: ¹Média das pontuações médias individuais das 57 frases de cada sujeito da pesquisa

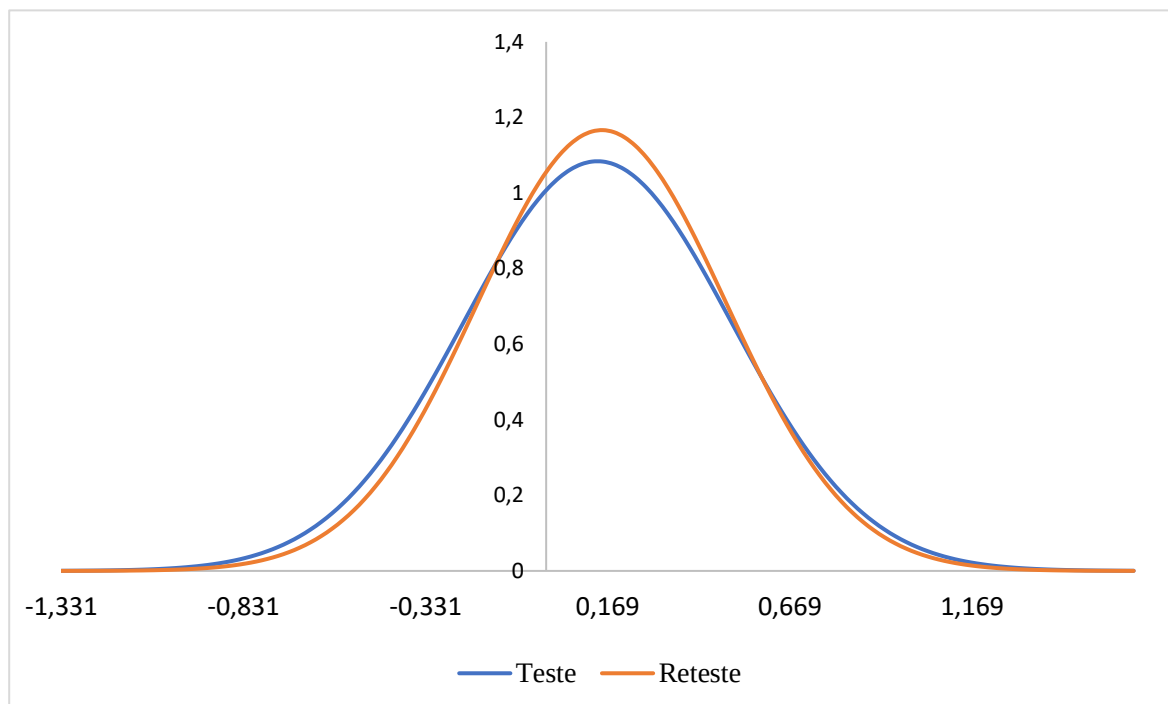
²Média das pontuações médias individuais de cada uma das categorias (Adequado, Plausível e Ingênua) de cada sujeito da pesquisa

³Índice global ponderado médio das categorias adequada, plausível e ingênua

⁴Valores máximos e mínimos dentre as 57 frases de cada estudantes

No geral, a análise da média do teste de cada uma das frases indica um valor atitudinal positivo e acima da média (0,141, DP 0,368) para o índice normalizado, que vai de -1 a +1, para toda a amostra. No reteste, essa média sofre um ligeiro aumento, chegando a 0,153 (DP 0,342), ou seja, observa-se um ganho de valor baixo das atitudes CTSA para os alunos (0,012). Esses valores de teste e reteste são considerados altos, comparando-os com os resultados obtidos por Alonso *et al.*, (2006a) e Alonso *et al.*, (2006b) que obtiveram resultados médios de suas avaliações em torno de 0,109 e 0,067, respectivamente. O crescimento do teste para o reteste, de 0,012, pode parecer mínimo, mas, devido ao tempo de aplicação da pesquisa, é um valor de ganho considerável, pois comparando-o com a pesquisa de Alonso *et al.*, (2006a), que obtiveram valores de teste e reteste 0,069 e 0,109, respectivamente, representando um ganho de 0,040, mas no entanto, a pesquisa foi aplicada ao longo de um ano em um curso que oferta um componente curricular específico de CTSA, na Espanha. Deve-se também observar o desvio padrão para essa média, que no reteste apresentou um valor inferior. Na Figura 16 pode-se observar a curva de distribuição normal do DP.

Figura 16 – Curva de distribuição normal dos valores de DP



Fonte: autor (2020)

A observação da curva na Figura 15 corrobora com os resultados médios dos valores individuais para cada frase, em que o leve deslocamento da curva laranja (reteste) para a direita mostra que o valor médio sofreu pouco aumento quando comparado ao teste. No entanto, o desvio padrão sofreu uma diminuição no reteste, observada no maior pico e afinamento da curva se comparada a curva do teste (azul), significando que os valores do reteste tendem a se aproximarem da média, diferentemente do teste, que apresentou valores mais dispersos, como podemos observar nos valores máximos e mínimos dos estudantes, respectivamente, para o teste (0,839 e -0,607) e reteste (0,768 e -0,536). Isso demonstra que, embora alguns estudantes tenham diminuídos seus índices em algumas frases, o índice mínimo aumentou, demonstrando melhora na compreensão das atitudes CTSA.

Analisando os valores médios dos índices da categoria Adequada (Tabela 9), o ganho entre teste e reteste é irrisório (0,002), demonstrando, de forma geral, pouco ou nenhum ganho nas atitudes CTSA. Entretanto, observando os valores de DP (0,263 e 0,201, para teste e reteste, respectivamente), pode-se notar uma diminuição no reteste, o que sugere que os resultados dos alunos tendem a se aproximarem da média, demonstrando menos dispersão de resultados como no teste. Os valores médios máximos e mínimos dos estudantes para o teste (0,835 e -0,042) e reteste (0,844 e 0,032) demonstram essa diminuição na dispersão dos resultados, pois no teste obteve-se valores que vai do negativo ao positivo, o que não acontece no reteste. Inclusive, o

reteste apresenta uma melhora no índice no que diz respeito ao valor mínimo, que vai de -0,042 para 0,032 (ganho de 0,074), demonstrando uma melhora nas concepções atitudinais em CTSA dos alunos, mesmo a diferença na média geral seja um valor baixo.

Analisando os valores médios da categoria Plausível (Tabela 9), -0,111 para o teste e 0,038 para o reteste, nota-se um ganho de 0,149, evidenciando uma melhora das compreensões das concepções atitudinais CTSA para essa categoria. Os valores do DP (0,234 para o teste e 0,250 para o reteste), por outro lado, demonstra um aumento na dispersão dos valores em torno da média, ou seja, alguns alunos tiraram notas mais baixas, e outros, notas mais altas, como pode-se observar nos valores médios máximos (0,296 e 0,471) e mínimos (-0,475 e -0,509) para o teste e reteste, respectivamente. Contudo, a média dos valores máximos obteve um ganho de 0,175, o que demonstra um bom resultado se comparado à média dos valores mínimos, que diminui 0,034.

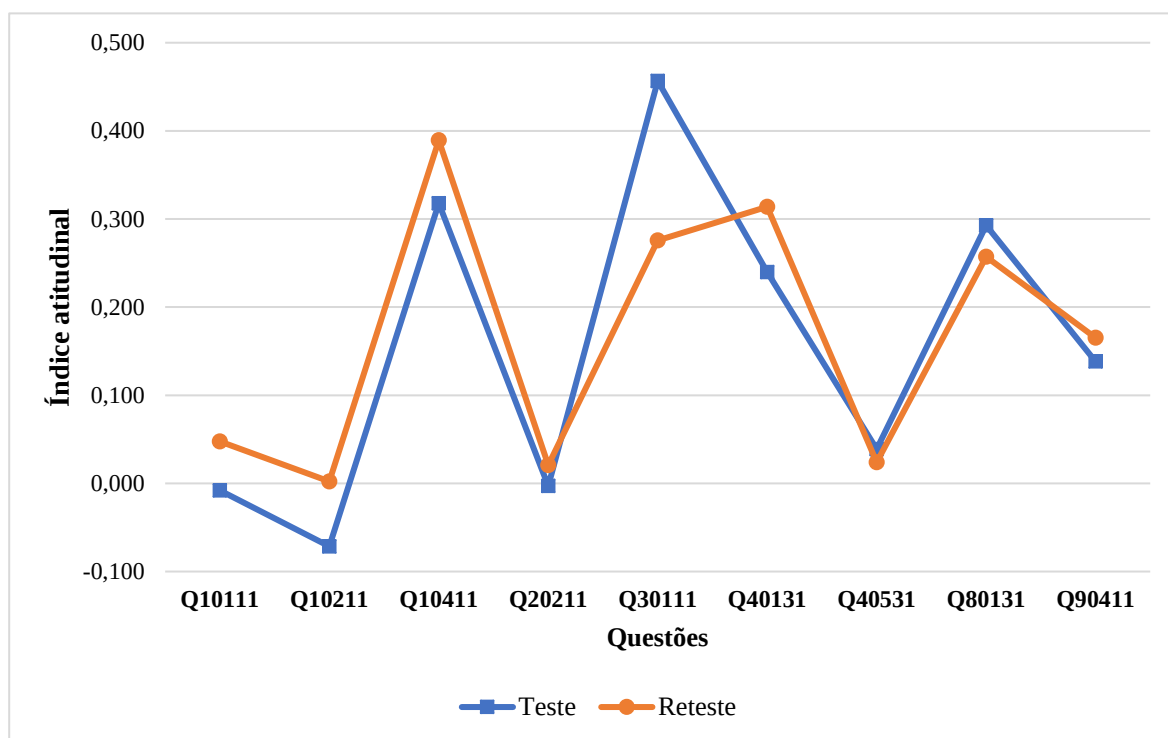
Os valores médios para a categoria Ingênuo (Tabela 9) apresentaram um declínio, indo de 0,030 no teste para -0,006 no reteste (declínio de -0,036). Isso significa que os estudantes concordaram mais com frases categorizadas como ingênuas para a pergunta. O valor do DP apresentou uma queda de 0,335 para 0,306, demonstrando que as respostas dos estudantes se aproximaram da média para a categoria. Os valores máximos (0,458 e 0,531) e mínimos (-0,467 e -0,375) para o teste e reteste, respectivamente, apresentaram melhoras, o que, apesar do declínio na média geral, demonstra que alguns estudantes melhoraram suas concepções atitudinais relacionadas a CTSA.

Por fim, analisando os valores do índice global ponderado das categorias (Adequado, Plausível e Ingênuo), nota-se um ganho nas concepções atitudinais CTSA dos estudantes, indo de 0,154 (teste) para 0,192 (reteste), representando um ganho de 0,038. Esse ganho é, inclusive, maior que o encontrado por Alonso *et al.*, (2006a), que obteve ganho de 0,026 em sua pesquisa. Os valores de DP demonstram que as repostas dos estudantes estão menos dispersas no reteste (0,277 para 0,252) se aproximando mais da média geral, e os valores máximos (0,530 para 0,616) e mínimos (-0,328 para -0,284) evidenciam melhoras nessas concepções.

4.2 Concepções atitudinais do público-alvo por questão

Antes de apresentar as discussões pormenorizadas, esse tópico será aberto com os resultados apresentados na Figura 17, que traz os comparativos entre o teste e o reteste com as médias globais de cada uma das 9 questões aplicadas aos sujeitos da pesquisa.

Figura 17 – Comparativo entre o teste e reteste das médias gerais das 9 questões aplicadas



Fonte: autor (2020)

Os resultados mostram os comparativos, por questão, entre teste e reteste. A princípio, percebe-se que 3 questões apresentaram queda nos índices atitudinais, o que demonstra uma piora após a intervenção da pesquisa. As outras 6 questões apresentaram índices atitudinais mais elevados no reteste, com destaque para as questões 10111 e 10211, que no teste apresentaram valores de índices atitudinais negativos. Com relação as 3 questões que pioraram os índices, a questão 30111 foi a que apresentou maior contraste entre as diferenças, apresentando resultado no teste em torno de 0,450 e no reteste em torno de 0,270, aproximadamente. A Tabela 10 apresenta os índices médios pontuados pelos alunos em cada questão, bem como suas pontuações médias de cada categorias (Adequada, Plausível e Ingênua), e na Tabela 11 são mostradas as diferenças entre os índices finais e iniciais.

Tabela 11 – Índices médios para cada uma das perguntas do COCTS aplicadas na pesquisa

Teste					
Questão	Média das pontuações¹	Adequada²	Plausível²	Ingênua²	Índice global ponderado³
10111	-0,008	0,509	-0,236	0,045	0,106
10211	-0,071	0,500	-0,131	-0,286	0,028
10411	0,318	0,634	-0,179	0,250	0,235
20211	-0,003	0,643	-0,161	-0,018	0,155
30111	0,457	0,616	*	0,393	0,504
40131	0,240	0,625	0,018	0,131	0,258
40531	0,039	0,214	-0,036	-0,063	0,039
80131	0,293	0,548	0,071	-0,250	0,123
90411	0,138	0,732	-0,179	0,000	0,185
Média	0,156	0,558	-0,104	0,022	0,181
DP	0,180	0,148	0,109	0,218	0,144
Reteste					
10111	0,048	0,491	-0,086	-0,063	0,114
10211	0,002	0,464	-0,009	-0,393	0,021
10411	0,389	0,652	0,143	0,250	0,348
20211	0,021	0,714	-0,179	0,125	0,220
30111	0,276	0,589	*	0,150	0,370
40131	0,314	0,643	0,179	0,185	0,335
40531	0,024	0,277	0,036	-0,241	0,024
80131	0,257	0,530	-0,179	-0,125	0,075
90411	0,165	0,571	0,321	-0,116	0,259
Média	0,166	0,548	0,028	-0,025	0,196
DP	0,148	0,129	0,178	0,216	0,141

Fonte: autor (2020)

Notas: ¹Média das pontuações médias individuais das 9 questões de cada sujeito da pesquisa²Média das pontuações médias individuais de cada uma das categorias (Adequado, Plausível e Ingênua) de cada sujeito da pesquisa³Índice global ponderado médio das categorias adequada, plausível e ingênua

*A questão 30111 não possui item plausível

Tabela 12 – Diferenças entre os índices atitudinais finais e iniciais

Questão	Média das pontuações ¹	Adequada ²	Plausível ²	Ingênua ²	Índice global ponderado ³
10111	0,056	-0,018	0,150	-0,107	0,008
10211	0,074	-0,036	0,122	-0,107	-0,007
10411	0,071	0,018	0,321	0,000	0,113
20211	0,024	0,071	-0,018	0,143	0,065
30111	-0,181	-0,027	*	-0,243	-0,135
40131	0,074	0,018	0,161	0,054	0,077
40531	-0,015	0,063	0,071	-0,179	-0,015
80131	-0,036	-0,018	-0,250	0,125	-0,048
90411	0,027	-0,161	0,500	-0,116	0,074
Média	0,010	-0,010	0,132	-0,048	0,015
DP	0,082	0,068	0,222	0,135	0,077
Soma	0,094	-0,089	1,058	-0,430	0,134

Fonte: autor (2020)

Notas: ¹Média das pontuações médias individuais das 9 questões de cada sujeito da pesquisa

²Média das pontuações médias de cada questão e suas categorias (Adequado, Plausível e Ingênua) de cada sujeito da pesquisa

³Índice global ponderado médio das categorias adequada, plausível e ingênua

*A questão 30111 não possui item plausível

A partir dos próximos subtópicos serão realizadas as discussões dos resultados por questão (apresentado nas Tabelas 10 e 11), no qual cada uma delas aborda uma dimensão específica do CTSA, por exemplo, as definições de ciência, tecnologia e suas influências na sociedade, como descrito do Quadro 4, no subtópico “3.5.1 Questões do COCTS utilizadas na pesquisa”.

4.2.1 Definições de ciência e tecnologia

Para compreender melhor as opiniões dos sujeitos da pesquisa acerca das concepções atitudinais, algumas das perguntas que compõem o COCTS questionam as definições de ciência e tecnologia. Dentre as 9 questões aplicadas, 3 delas abordam o assunto: a definição da ciência (10111), a definição da tecnologia (10211) e as relações mútuas e de interdependência entre ciência e tecnologia (10411). No Quadro 8 observa-se as perguntas dessa temática.

Quadro 11 – Questões do COCTS sobre as definições de ciência e tecnologia

Questão	Enunciado
10111	Definir o que é a ciência é difícil porque ela é complexa e engloba muitas coisas. Mas a ciência é, PRINCIPALMENTE:
10211	Definir o que é a tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Mas a tecnologia, PRINCIPALMENTE, é:
10411	A ciência e a tecnologia estão estreitamente relacionadas entre si:

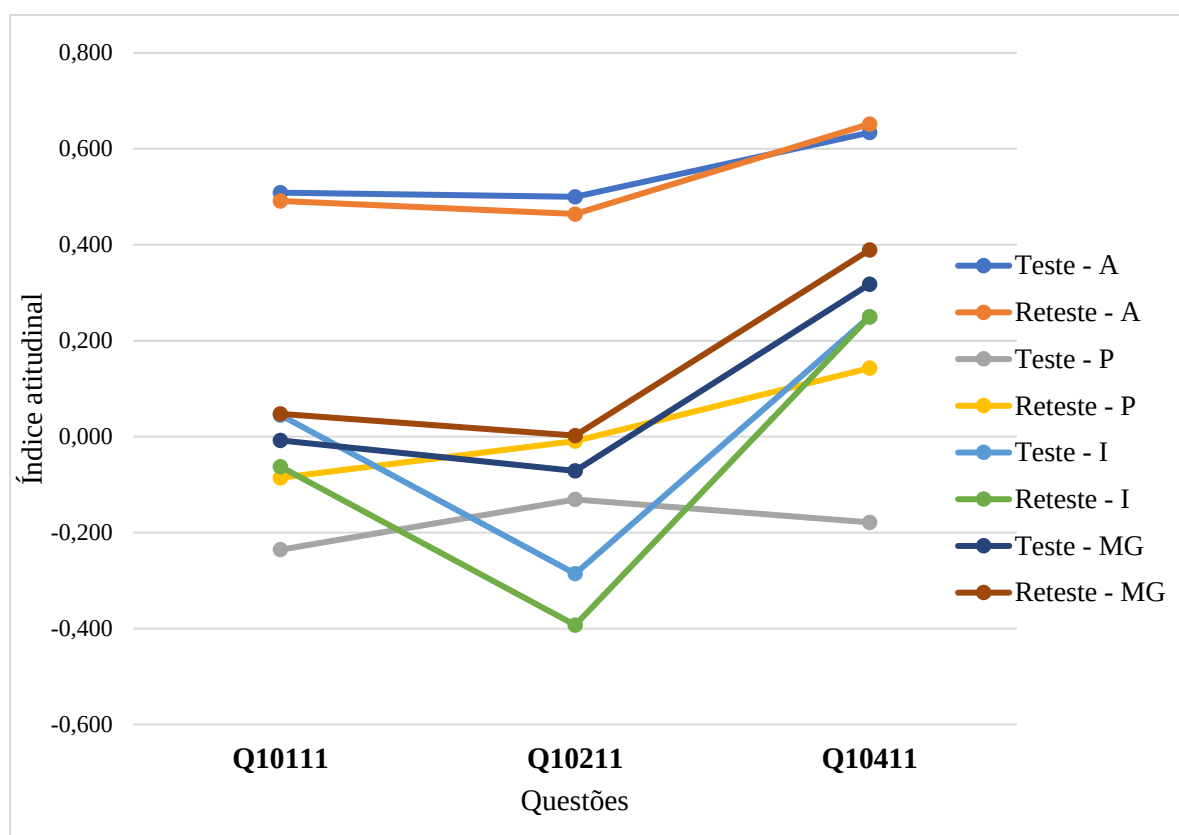
Fonte: autor (2020)

Inicialmente, os índices atitudinais médios com relação as questões sobre definições de ciência e tecnologia são baixas, com valores negativos, sendo o índice -0,008 para a definição de ciência e -0,071 para a definição de tecnologia, o que mostra, no geral, que os estudantes não possuem definições muito apropriadas para esses campos. Já para as relações entre ciência e tecnologia, os estudantes apresentaram um bom índice atitudinal, 0,318, demonstrando boa compreensão sobre o tema.

Após a aplicação da pesquisa, os índices atitudinais médios para as 3 questões abordando essa temática obtiveram melhorias, chegando a 0,048, 0,002 e 0,389 para as definições de ciência, tecnologia e relações entre ambas, respectivamente. Embora os índices para as definições de ciência e tecnologia apresentem valores próximos de zero, eles representam um ganho de 0,056 e 0,074, respectivamente. A questão 10411 apresentou um ganho de 0,071.

Analisando as questões por categoria, notam-se índices globais mais altos e positivos para itens classificados como adequados, com valores entre 0,5 a 0,6, em ambos os testes. Comparando-se, no entanto, o teste com o reteste para essa categoria, percebe-se que os índices sofreram uma pequena diminuição para questões 10111 (-0,018) e 10211 (-0,036), e um pequeno aumento para a questão 10411 (0,018), demonstrando poucas alterações. A categoria plausível é a que sofreu maior destaque, pois apresentou os melhores crescimentos, com valores de ganho de 0,150 para a questão 10111, 0,122 para a questão 10211 e 0,321 para a questão 10411. Os itens classificados como ingênuos, por outro lado, sofreram um declínio no reteste para as questões 10111 e 10211 e permaneceram estagnados para a questão 10411. A Figura 18 resume o perfil geral dessa dimensão.

Figura 18 – Comparação dos resultados das questões 10111, 10211 e 10411 por categoria e as pontuações médias gerais por questão



Fonte: autor (2020)

Notas: *As letras A, P e I significam Adequada, Plausível e Ingênua, respectivamente
MG se refere a média geral da pontuação da questão

Como observa-se resumidamente na Figura 18, a categoria adequada sofreu poucas alterações, na medida em que na categoria plausível ocorreram os maiores ganhos, e por sua vez, a categoria ingênua sofreu declínio nas questões 10111 e 10211 e permaneceu estacionário na questão 10411. Realizando-se o cálculo da média geral para as três questões observa-se que houve um ganho.

4.2.2 Sociologia externa da ciência e tecnologia

A dimensão da sociologia externa da ciência e tecnologia é a que compõe o maior número de questões aplicadas aos sujeitos da pesquisa, abordando três subtemas, que são: influência da sociedade na ciência e tecnologia, influência tríade e a influência da ciência e tecnologia na sociedade. No Quadro 9 observa-se as perguntas dessa temática.

Quadro 12 – Questões do COCTS sobre a sociologia externa da ciência e tecnologia

Questão	Enunciado
20211	A investigação científica no nosso país seria melhor se fosse mais estreitamente dirigida pelas empresas (por exemplo, companhias de alta tecnologia, comunicações, farmacêuticas, florestais, mineiras ou manufactureiras). Deveriam ser principalmente as empresas a dirigir a ciência: itens de A a C. As empresas NÃO deveriam dirigir a ciência: itens de D a F
30111	Qual dos seguintes diagramas representaria melhor as interações mútuas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade? (As setas simples indicam uma única direção para a relação e as duplas indicam interações mútuas. As setas mais grossas indicam uma relação mais intensa que as finas e estas mais que as tracejadas; a ausência de seta indica inexistência de relação).
40131	Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis por informar o público em geral sobre as suas descobertas, de modo que o cidadão médio pudesse entendê-los.
40531	Mais tecnologia melhorará o nível de vida do nosso país.

Fonte: autor (2020)

No primeiro subtema, se inclui o tema indústria, contemplado pela questão 20211. Essa questão abordada a temática de quem deveria decidir sobre os rumos do desenvolvimento científico no país. É um tema pertinente, uma vez que a temática sobre Agrotóxicos foi introduzida como forma de contextualização do conteúdo de CLAE, e é uma coisa que impacta diretamente a vidas todos, inclusive dos sujeitos participantes da pesquisa. Inicialmente, o índice atitudinal médio para essa questão apresenta um valor negativo, -0,003, o que mostra pouco entendimento sobre esse tema por parte dos sujeitos. Posteriormente, esse índice sofre um aumento para 0,021, apresentando um ganho de 0,024, significando uma melhora das concepções atitudinais.

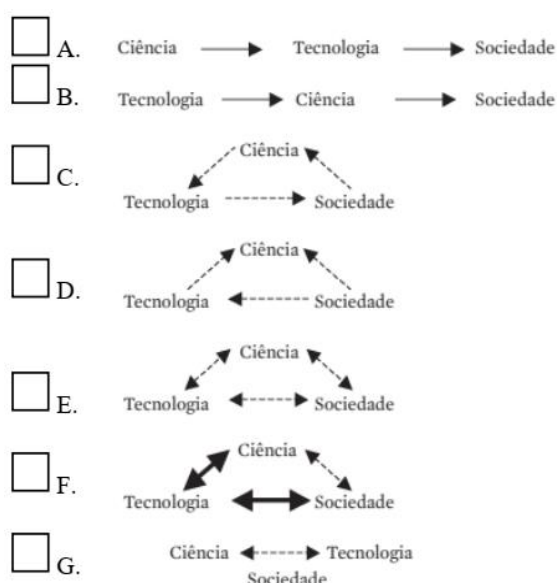
Analisando a questão por categoria, observa-se que nessa dimensão, ela foi a que obteve os maiores índices, 0,643 no teste e 0,714 no reteste, para a categoria adequada, com um ganho de 0,071, demonstrando que os estudantes possuem concepções atitudinais muito boas com relação à temática, e que melhoraram após a aplicação da pesquisa. Pode-se associar a isso a natureza do tema trabalhado (Agrotóxicos), uma vez que impacta, muitas vezes de forma negativa, segundo as pesquisas, a vida de todos, e que essas decisões precisam ser tomadas em

conjunto, não somente por corporações que visam ao lucro. Para melhor ilustrar a discussão, destaca-se aqui o item classificado como adequado e que os sujeitos pontuaram melhor: “As empresas NÃO deveriam dirigir a ciência: 20211-E. Porque, se o fazem, as empresas obstaculizariam a investigação de problemas importantes que as empresas não querem enfrentar (por exemplo, a contaminação produzida pela empresa)”.

Para a categoria plausível os estudantes apresentaram baixos índices atitudinais, o que significa que atribuíram pontuações altas a itens que não expressavam medianamente respostas mais completas à questão. No teste, a pontuação foi de -0,161 e no reteste de -0,179, apresentando um ganho de -0,018. Por outro lado, na categoria ingênua, os estudantes apresentaram bons índices, indo de -0,018 no teste para 0,125 no reteste, representando ganho de 0,143. Isso quer dizer que aos itens com repostas poucos satisfatórias (ingênuas), os sujeitos atribuíram pouca importância. Significa dizer que atribuíram pontuação mais baixa a itens como “Deveriam ser principalmente as empresas a dirigir a ciência: 20211-A. Porque um controle mais estreito pelas empresas tornaria a ciência mais útil e conseguiria descobertas mais rapidamente, graças às suas comunicações mais rápidas, melhor dotação econômica e mais competitividade”.

No segundo subtema (influência tríade), inclui-se o tema interações CTSA, contemplado pela questão 30111. Essa questão apresenta diagramas representando as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, como mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Diagramas da questão 30111 sobre as interações ente ciência, tecnologia e sociedade



Fonte: autor (2020)

Inicialmente, o índice atitudinal médio apresentou um valor alto, 0,457, o que mostra uma boa compreensão dessas relações. No entanto, no reteste esse índice caiu para 0,276, mostrando que os sujeitos pioraram sua compreensão acerca do tema. Analisando por categoria, notas também uma queda nos índices, em que o adequado caiu de 0,616 para 0,589 e o ingênuo de 0,393 para 0,150 (a questão não possui item plausível). Esses resultados indicam que os estudantes, no reteste, concordaram mais com itens como o B (ver Figura 17), em que apresenta um diagrama em que a tecnologia estar para ciência, e esta, para sociedade. Isso pode ser explicado pelo resultado das questões 10111 e 10211, que abordam as definições e ciência e tecnologia, e apresentaram baixos índices, demonstrando que os sujeitos possuem pouco conhecimento sobre essas definições, o que pode ter dificultado a identificação de suas interações.

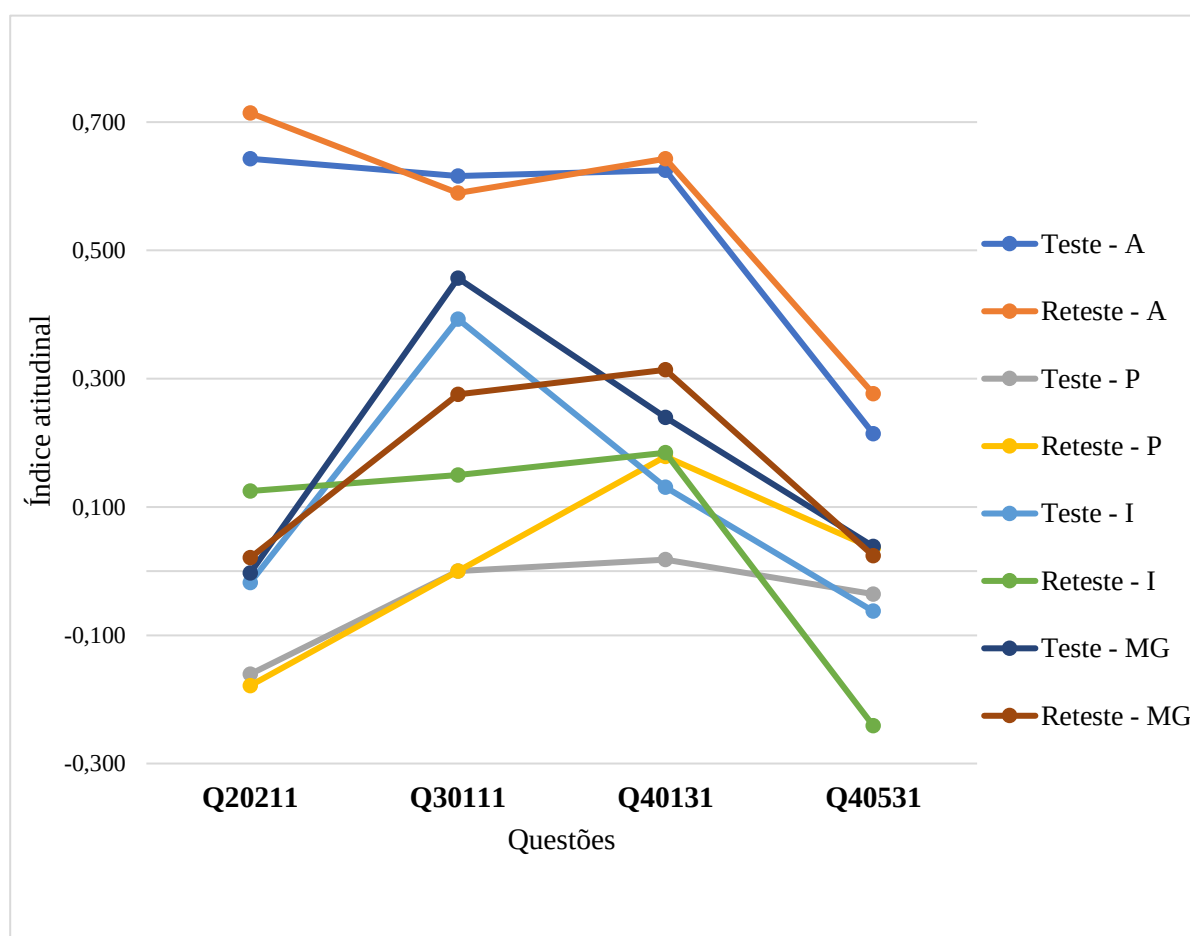
O terceiro subtema trata sobre a influência da ciência e tecnologia na sociedade, contemplado com duas questões, 40131 falando sobre reponsabilidade social e a 40531 falando sobre bem-estar econômico. A questão 40131 apresenta um bom índice atitudinal médio no teste, 0,240, demonstrando bom entendimento sobre o assunto. No reteste esse índice aumenta, indo para 0,314, representando um ganho de 0,074, evidenciando uma melhora no entendimento dessa temática. Pode-se associar essa melhora à natureza do tema trabalhado (Agrotóxicos), uma vez que gerou discussões importantes acerca da sua larga utilização no Brasil, e que muitas vezes a população em geral não toma conhecimento disso, por não possuírem informação acessível ou por não terem conhecimento de causa sobre os riscos e benefícios da utilização.

Analisando a questão 40131 por categoria, nota-se também um aumento do índice atitudinal, em que o adequado vai de 0,655 para 0,643, o plausível de 0,018 para 0,179 e o ingênuo de 0,131 para 0,185, representando ganhos de 0,018, 0,161 e 0,054 respectivamente. O alto índice na categoria adequada indica que os estudantes concordam mais com afirmações que dizem que os cientistas devem informar ao público sobre novas descobertas de modo que um leigo sobre o assunto por compreender, como mostra o item 40131-C, “Porque os cidadãos têm direito de saber o que acontece no seu país. Deveriam conhecer as descobertas para melhorar as suas próprias vidas tomando consciência dos benefícios da ciência e para estar informado de todas as opções responsáveis que podem afetar o seu futuro”.

No teste, a questão 40531 apresenta um índice mediano, 0,039, sofrendo uma pequena queda no reteste, indo para 0,024, demonstrando, no aspecto geral, que os estudantes pioraram suas compreensões sobre o tema. No entanto, analisando por categoria, nota-se que a adequada

e a plausível melhoraram o índice, indo de 0,214 para 0,277 e -0,036 para 0,036, respectivamente. A categoria adequada, já no teste, apresentando um bom índice atitudinal, sofrendo uma melhora no reteste, demonstra que os estudantes concordam mais com afirmações como a do item E, que afirma: “40531-E. E. Sim e não. Mais tecnologia tornaria a vida mais agradável e mais eficiente, MAS também causaria mais contaminação, desemprego e outros problemas. O nível de vida pode melhorar, mas a qualidade de vida pode não melhorar”. O índice da categoria ingênua sofreu uma piora, indo de -0,063 para -0,241, o que demonstra que alguns sujeitos ainda possuem uma visão mais simplista sobre o desenvolvimento tecnológico, concordando também com afirmações como a do item C, em que diz: “40531-C. Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a tornar a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida”, que, em partes, é verdade, mas não somente isso. A Figura 20 resume o perfil geral dessa dimensão.

Figura 20 – Comparação dos resultados das questões 20211, 30111, 40131 e 40531 por categoria e as pontuações médias gerais por questão



Fonte: autor (2020)

Como observa-se resumidamente na Figura 20, a categoria adequada apresentou ganho nas questões 20211, 40131 e 40531, e um pequeno declínio na questão 30111, apresentando sempre os maiores índices atitudinais se comparado as demais categorias. A categoria plausível apresentou ganhos nas questões 40131 e 40531, e um pequeno declínio na questão 20211 (30111 não possui plausível), e por sua vez, a categoria ingênua sofreu declínio em duas questões (30111 e 40531) e ganho em duas questões (20211 e 40131). Realizando-se o cálculo da média geral para as três questões observa-se que houve um ganho em duas (20211 e 40131) e declínio em outras duas (30111 e 40531).

4.2.3 Sociologia interna da ciência e tecnologia

A dimensão de sociologia interna da ciência e tecnologia traz o tópico de construção social da tecnologia e subtópico de decisões tecnológicas, questão 80131. Essa questão fala sobre o desenvolvimento de uma nova tecnologia e os critérios para sua aplicação. No Quadro 10 observa-se as perguntas dessa temática.

Quadro 13 – Questão do COCTS sobre a sociologia interna da ciência e tecnologia

Questão	Enunciado
80131	Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reator nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer), pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem as desvantagens.

Fonte: autor (2020)

Analisando o índice atitudinal médio, observa-se que o teste apresentou um resultado maior, 0,293, que o reteste, 0,257. Apesar de ambos os resultados serem bons, nota-se que na segunda aplicação a média sofre uma queda (-0,036), demonstrando que o entendimento dos sujeitos acerca do tema piorou. Os itens categorizados como adequado e plausível também sofreram quedas, -0,018 para p adequado e -0,250 para o plausível. Como nota-se, o plausível obteve uma queda mais acentuada, indicando que os estudantes concordaram mais no reteste com o item que afirma que “80131-C. Depende do ponto de vista que se tenha. O que é uma vantagem para uns pode ser uma desvantagem para outros”, o que mostra ser uma visão muito simplista para responder tal pergunta.

Para a categoria ingênua, houve uma melhora, com ganho em torne de 0,125, demonstrando que os estudantes, no reteste, discordaram mais com a afirmativa que diz

“80131-A. A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e essa pode travar o seu desenvolvimento posterior”, pois pelos debates surgindo nas aulas, percebeu-se que na realidade não acontece dessa forma, uma vez que os agrotóxicos são cada vez mais liberados para uso sem a consulta à população.

4.2.4 Epistemologia

O tópico de epistemologia, também denominado de forma reducionista em algumas bibliografias, como aponta Alonso *et al.*, (2006b), de Natureza da Ciência, apresenta o subtópico natureza do conhecimento científico e subtema provisoriedade, questão 90411. Essa questão aborda o caráter dinâmico do conhecimento científico, no sentido de estar em constante mudança/avanço. No Quadro 11 observa-se as perguntas dessa temática.

Quadro 14 – Questão do COCTS sobre epistemologia

Questão	Enunciado
90411	Ainda que as investigações científicas se façam corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem com essas investigações pode mudar no futuro. O conhecimento científico muda:

Fonte: autor (2020)

O índice atitudinal médio para essa questão no teste foi de 0,138, aumentando para 0,165 no reteste, representando um ganho de 0,027, demonstrando que a compreensão dos estudantes melhorou. Analisando por categoria, nota-se que os itens classificados como adequados e ingênuos sofreram uma diminuição do índice atitudinal médio, com perca em torno de -0,161 e -0,116, respectivamente. Por outro lado, a categoria plausível foi de -0,179 no teste, para 0,321 no reteste, representando um aumento de 0,500.

4.3 “Agrotóxicos” como tema pertinente ao debate e a importância da técnica de CLAE

Juntamente com a segunda aplicação do COCTS (reteste) houve também a aplicação de um questionário complementar contendo 4 questões discursivas, o qual está descrita no Quadro 12.

Quadro 15 – Questionário complementar

Questão	Enunciado
01	Qual sua visão acerca da importância da técnica de CLAE após a aplicação desta pesquisa?
02	Sobre os “Agrotóxicos”, você identificou relevância ao estudar o tema? Exemplifique. Existe relação com o cotidiano? Quais?
03	Conte sobre a experiência de realizar uma aula prática utilizando material trazido de casa, do seu cotidiano. Você acha relevante esse tipo de atividade experimental? Por quê?
04	Faça uma avaliação sobre a visita técnica realizada ao NUTEC destacando os pontos positivos e negativos (se houverem). Comente sobre a importância do trabalho realizados por seus pesquisadores.

Fonte: autor (2020)

Esse questionário serviu para que os sujeitos da pesquisa pudessem expressar suas visões acerca do tema abordado na aula (CLAE), a importância do tema “Agrotóxicos”, o uso da experimentação no ensino e falar um pouco sobre a experiência da visita técnica ao NUTEC. Os tópicos a seguir sintetizam as discussões realizadas com os seminários e apresentação dos resultados da aula experimental, bem como as respostas mais representativas dos alunos dadas às questões complementares.

4.3.1 A visão dos sujeitos sobre a importância da técnica de CLAE

A cromatografia é uma técnica da ciência química utilizada para a realizar separação, e que está fundada “na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis”, como apontam Degani, Cass e Vieira (1998, p. 21). A cromatografia é dividida em alguns tipos, sendo estudada nessa pesquisa a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

A CLAE é uma técnica bastante avançada e é usada para identificar substâncias nas mais diversas áreas, possuindo uma série de aplicações, indo desde a identificação de agrotóxicos, citando como exemplos os estudos de Silvério *et al.*, (2012) e Ogihara (2018), e também nesta pesquisa, até o uso em diversas áreas como identificação de poluentes orgânicos (SILVA; COLLINS, 2012), análise de carotenoides (SENTANIN; AMAYA, 2007), análises de vitaminas C (ROSA *et al.*, 2007) e E (FARIA-MACHADO *et al.*, 2018), identificação de

corantes (PRADO; GODOY, 2007) e caracterização de extratos naturais (OLIVEIRA, 2018), dentro muitos outros.

Corroborando com o que já foi mencionado na abertura desse tópico, os estudantes apontaram a importância da técnica de CLAE em suas respostas, destacando-se: “a técnica de CLAE tem importância, pois é através dela que se tem o entendimento sobre a composição de materiais, e isso pode revelar substâncias prejudiciais em alimentos que consumimos todos os dias”. De fato, a técnica de CLAE auxilia muito nesse aspecto, sendo muitas pesquisas sobre agrotóxicos publicadas usando tal ferramenta.

Outro estudante destacou a importância da técnica para a verificação de produtos categorizados como orgânicos, fornecendo a seguinte resposta: “a técnica de CLAE é importante, pois mostra dados experimentais acerca das amostras estudadas. Em relação às frutas, legumes, sabemos que existem os orgânicos e os não orgânicos, e a técnica de CLAE nos permite comprovar se o seu objeto de estudo (frutas, legumes etc.) é orgânico ou não e ainda nos permite identificar qual(is) agrotóxicos estão presentes, caso existam”.

Um estudante ressaltou o fato de ser um técnica abrangente, usada em diversas pesquisas: “a principal importância dessa técnica é o fato de ela ser relativamente barata, pois usa pequenas quantidade de material para as análises, fora que abrange boa parte das pesquisas, sendo utilizada como técnica principal para separação e identificação de substâncias”.

Para finalizar, a resposta de um estudante que representa bem o que a maior parte dos sujeitos da pesquisa responderam: “tivemos uma visão mais ampla sobre o uso de CLAE, pois tivemos a oportunidade de trabalhar diretamente com o aparelho”, destacando a importância de se trabalhar a experimentação em sala de aula.

Esse conjunto de repostas sintetiza bem a visão dos estudantes acerca da importância da técnica de CLAE, um método rápido e prático para separação de misturas que pode ser empregado em diversos ramos de investigação.

4.3.2 A visão dos sujeitos sobre a relevância do tema “Agrotóxicos”

O Brasil é líder mundial na utilização de agrotóxicos, e esse consumo exacerbado pode acarretar diversos risco à saúde. A segunda questão do questionário complementar pede para o aluno comentar se observou importância ao estudar o tema “Agrotóxicos”, bem como exemplificar suas relações com o cotidiano.

Um dos alunos colocou a seguinte resposta: “através dessa pesquisa podemos dizer que tivemos um amplo conhecimento sobre o tema abordado, pois também tivemos um momento de choque de realidade, de que os agrotóxicos estão ligados diretamente em nossas vidas sem percebermos”. Essa observação é muito pertinente, pois muitas vezes a população não se dá conta de que está em constante contato com tais substâncias, principalmente pequenos agricultores, que possuem baixa escolaridade e pouco acesso à informação, como mostra a pesquisa de Ruths, Rizzoto e Machineski (2019), que realizaram uma pesquisa sobre uso de agrotóxicos nos municípios de Anahy e Vera Cruz do Oeste, no Paraná, e verificaram o uso indevido de 47,36% dos agrotóxicos usados na região, bem como a incidência de cânceres de pele (38,46%), próstata (17,95%) e mama (10,26%).

Um outro estudante comentou sobre a importância de se contextualizar um assunto estudado em sala de aula com um tema presente no cotidiano do mesmo: “é mais fácil o entendimento de certos assuntos quando os mesmos são ligados a assuntos previamente conhecidos”. Isso demonstra a importância da abordagem CTSA ao se propor o uso de conteúdos contextualizados que despertem interesse nos estudantes. O mesmo aluno ainda continua: “ao estudar agrotóxicos, a relevância está em compreender e ver “com os próprios olhos” a quantidade de agrotóxicos que os ser humano consome e também o quanto isso está intimamente ligado a certos tipos de doenças”. E, de fato, as doenças associadas aos agrotóxicos são muitas: podem ser efeitos neurológicos, no sistema nervoso, dor de cabeça, tontura, náusea, vômito, excesso de suor, fraqueza muscular, bronquiespasmos, doenças neurodegenerativas, diminuição das defesas imunológicas, anemia, impotência sexual masculina, cefaleia, insônia, alterações de pressão arterial, alterações do humor e distúrbios psicóticos (CASSAL *et al.*, 2014).

Os estudantes ressaltaram também a importância deles, enquanto químicos em formação, conhecerem acerca de tais substâncias: “há uma grande relevância, pois diariamente estão presentes em nossa alimentação e é importante, para nós, químicos, sabermos não só os malefícios que causam à saúde, mas também reconhecer e saber identificar suas estruturas químicas”. Eles, enquanto químicos e professores em formação, com o advento desse conhecimento, poderão levar para a sala de aula, possibilitando a realização de ações no sentido de informar seus futuros alunos sobre as implicações sociais de tais substâncias e a formação do estudante como cidadão, conforme a pesquisa de Zappe (2011), que promoveu a ações nesse contexto da formação cidadão através de temas ligados ao cotidiano dos alunos. Serra *et al.*, (2016, p. 20) afirmam em seu estudo que

O reducionismo nas discussões que envolvem a utilização dos agrotóxicos, oriundos da Primeira Revolução Verde, em meados do séc. XX, faz com que sejam vistos, pelos mais desavisados, como a solução dos problemas envolvendo a fome e a miséria. Em sentido oposto, os efeitos dos agrotóxicos são devastadores. Não é segura a sua utilização e seus impactos não podem ser previstos, medidos e prevenidos.

E sobre essa afirmação, um aluno fez uma observação significativa: “o estudo sobre agrotóxicos pode ajudar a entender como essas substâncias influenciam a sociedade, e o porquê de seu uso ser tão amplo”. Ainda segundo Serra *et al.*, (2016, p. 20), aqueles que lutam pela permanência do uso de substância tão nocivas à saúde humana consideram apenas o “critério economicista, ainda que revestido de uma preocupação humanitária”, a exemplo do governo do presidente Jair Bolsonaro, que nos primeiros 10 meses de mandato, liberou um total de 382 novos agrotóxicos.

Com isso, percebe-se a importância de se trabalhar a temática dos agrotóxicos em sala de aula, algo que está tão presente no cotidiano, que é utilizado em larga escala no Brasil e com seu uso indiscriminado cada vez mais crescente.

4.3.3 A visão dos sujeitos sobre o uso da experimentação no ensino

Todos os alunos forneceram repostas positivas acerca do uso da experimentação, destacando seu papel crucial na compreensão de determinados conteúdos, principalmente na Química, uma ciência essencialmente experimental. Um aluno destacou: “o envolvimento dos alunos é comprovadamente eficiente no ensino de qualquer tema (utilizando a experimentação). Fazer com que o aluno faça parte da aula é bem mais do que o envolver em sala. Quando você consegue que o aluno reflita sobre o tema fora de sala, aí sim, temos um aprendizado significativo de qualidade a parte”. Os estudos de Ferreira *et al.*, (2018), Santos e Amaral (2019) e Melo, Oliveira e Souza (2019) corroboram com a repostas desse aluno, pois apontam resultados favoráveis à utilização de experimentação no ensino.

Outras repostas foram: “atividades práticas sempre ajudam no aprendizado, e a técnica que utilizamos foi de grande ajuda para compreendermos melhor o equipamento”; “a prática foi boa para mostra como os profissionais trabalham na identificação dos agrotóxicos”; “esse tipo de prática é relevante, pois o uso de materiais do cotidiano ajuda a melhorar o interesse e o entendimento do assunto”; “foi uma boa experiência, pois estamos acostumados a utilizar reagentes já presentes no laboratório, que não são de fácil acesso a nós alunos. Já na prática realizada utilizou-se reagente de fácil acesso e também que está presente na alimentação de muitos”. Tais repostas mostram a importância de se trabalhar a experimentação em sala de aula,

e principalmente com materiais do cotidiano do aluno, fazendo com que haja essa aproximação e aplicação do conhecimento teórico adquirido em sala de aula, princípio básico da abordagem CTSA, que prega que o conteúdo estudado possa ser associado ao seu cotidiano, de modo a promover uma melhor contextualização.

4.3.4 A visão dos sujeitos sobre a visita técnica realizada ao NUTEC

A Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial – NUTEC, começou suas atividades em 1º de fevereiro de 1979, e surgiu a partir de uma pesquisa diagnóstica sobre as necessidades tecnológicas industriais do Ceará nas áreas de: manutenção; controle de qualidade; treinamento de pessoal; transferência de tecnologia; pesquisa aplicada e consultoria. Em 2006 a NUTEC foi qualificada como Agência Executiva, mas sem deixar de ser uma Fundação Pública, hoje, vinculada à Secretaria da Ciência e tecnologia e Educação Superior (Secitece).

Atualmente o NUTEC realiza pesquisa nas mais diversas áreas, incluindo a utilização da CLAE para detecção de agrotóxicos em alimentos. Os estudantes forneceram boas avaliações sobre a visita técnica, com destaque para a importância de se conhecer o ambiente de trabalho de profissionais que trabalham com a CLAE, e usando-a para a detecção de agrotóxicos. Um aluno escreveu: “Nota 10. Não tem muito o que falar, é a experiência, o contato, a realidade que atrai essas práticas diferentes de abordagem que promovem entusiasmo e interesse dos alunos”.

Outras repostas foram: “a visita técnica ao Nutec foi muito proveitosa, pois através dela tivemos conhecimento de equipamentos menores de cromatografia e de técnicas alternativas de análise, além de mostrar como é importante o trabalho realizado pelos pesquisadores, que atendem diversas pessoas do estado”; “Muito produtiva por poder observar a importância das análises em todos os seguimentos”; “O trabalho dos pesquisadores é de suma importância para o laboratório, pois eles utilizam e aprimoram as técnicas de forma a se beneficiarem de maneira mais prática e rápida, ajudando no desenvolvimento das pesquisas e de novas técnicas”. Com isso, nota-se a importância desse contato com o campo de trabalho, explicitado em uma das estratégias para o ensino CTSA pontuadas por Acevedo (1996), Membiela (1995) e San Valero (1995) *apud* Díaz (1996), que diz para promover visitas a fábricas e empresas que atuem no tema estudado em sala de aula.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nesta dissertação tornou-se perceptível a importância de se trabalhar com formas diferenciadas no campo do Ensino, a exemplo da abordagem CTSA empregada nesta pesquisa. A abordagem CTSA nas práticas de ensino nos componentes curriculares de Ciências pode ser usada de forma eficiente, possibilitando alcançar resultados mais abrangentes no que se refere ao conhecimento visto apenas dentro da sala de aula, confinado a quatro paredes.

Essa abordagem de ensino destaca-se, ainda, como uma estratégia diferenciada com relação ao ensino tradicional, que é copioso e descontextualizado, e contextualização é algo que a abordagem CTSA preconiza. A forma como essa abordagem trabalha a contextualização do ensino cria no estudante condições de despertar o estudo focalizado no cotidiano.

Observando a questão norteadora desta pesquisa (como inserir o enfoque CTSA no ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) visando tornar o processo de ensino desse conteúdo contextualizado com o cotidiano dos educandos, além de promover o debate crítico acerca da temática socioambiental “Agrotóxicos”?), pode-se afirmar que, considerando os resultados qualitativos, houveram debates críticos acerca da temática “Agrotóxicos”, além de se ter proporcionado uma maior contextualização com o cotidiano dos alunos. Analisando o questionário complementar, percebe-se, pelas observações feitas pelos sujeitos da pesquisa, o despertar de interesse pelo conteúdo estudado (CLAE), mostrando-se a importância de se trabalhar a contextualização do ensino com o cotidiano do aluno, como propõe a abordagem CTSA.

Em referência ao objetivo geral (analisar a contribuição da temática “Agrotóxicos” para a compreensão da técnica de CLAE, ministrada no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química na Licenciatura em Química do IFCE – *Campus* Maracanaú, através de uma abordagem socioambiental, utilizando enfoque CTSA, provocando uma reflexão crítica dos discentes), pode-se afirmar que a pesquisa acarretou contribuições para a compreensão da técnica de CLAE, uma vez que logrou êxito em contextualizar essa técnica utilizando a temática “Agrotóxicos”, além de possibilitar a realização de aula experimental e visita técnica a um laboratório que possui profissionais que trabalham com a CLAE, seguindo as orientações do enfoque CTSA, como mostram os resultados qualitativos.

Considerando os objetivos específicos (Avaliar as concepções atitudinais dos sujeitos da pesquisa no que diz respeito às relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente;

Promover uma discussão da temática “Agrotóxicos”, utilizando Seminário, de forma a proporcionar uma relação entre a técnica de CLAE e sua importância para os estudantes do curso de Licenciatura em Química, além da contribuição para o seu aprendizado, atribuindo um significado; Verificar se houve mudanças de concepções atitudinais dos alunos relacionadas à visão crítica da ciência e tecnologia e suas relações com a sociedade e o ambiente), pode-se afirmar que:

1. Considerando os resultados quantitativos, foi possível realizar uma boa avaliação das concepções atitudinais dos sujeitos da pesquisa utilizando o COCTS com MRM, obtendo-se ao final do teste e reteste resultados para realizar-se uma gama de discussões acerca das concepções dos alunos. Essa aplicação do COCTS com esse modelo de reposta permite uma análise pormenorizada, qualitativa e quantitativa, das concepções dos sujeitos acerca dos temas CTSA, bem como um diagnóstico dos pontos fortes e fracos, assim como foi abordado nas discussões dos resultados nesta pesquisa.

2. Como mostra os resultados do questionário complementar, foi possível realizar em sala de aula um conjunto de discussões sobre a temática dos agrotóxicos, debatendo-se sobre sua larga utilização no Brasil, os malefícios que poderiam causar além e se seria possível a produção de alimentos totalmente orgânicos. Com a aula experimental e visita técnica ao Nutec, os alunos puderam vivenciar na prática o conteúdo teórico sobre CLAE estudado em sala de aula, além de comentarem a importância de conhecer, enquanto químicos e professores em formação, a respeito desse tema tão inserido no cotidiano.

3. Analisando os resultados quantitativos obtidos pelo COCTS, nota-se que, em aspectos gerais, ocorreram mudanças nas concepções atitudinais nos estudantes relacionadas à temática CTSA. As análises pormenorizadas demonstraram pontos fracos e fortes nos mais diversos aspectos dessa temática. Percebe-se que os impactos observados são, em sua maioria, positivos e significativos, uma vez que mudar concepções não seja algo fácil, pois está relacionada com aspectos como cultura, conhecimento prévio e convicções pessoais. Constatou-se também que há a necessidade de se trabalhar mais essa temática no ensino superior, abrindo o debate e lançando perguntas como “o que é tecnologia?”, “o que ciência?”, “qual o papel da ciência?”, além de discussões sobre responsabilidade social da ciência e do desenvolvimento tecnológico, principalmente em um curso na área de Ciências Naturais.

Nesse sentido, acredita-se que os sujeitos da pesquisa despertaram esse olhar, uma vez que os resultados obtidos por uma das equipes na aula experimental indicaram a possibilidade

de detecção de um ou mais agrotóxicos nos testes do pimentão. Embora todos os picos encontrados não coincidam com os padrões dos agrotóxicos analisados nessa pesquisa (Acetamiprido, Imidacloprido e Tiametoxam), a possibilidade de existirem outros tipos de agrotóxicos na amostra analisada desperta nos estudantes a inquietação de que o uso deles está diretamente relacionado com seus cotidianos, algo que descobriram através de testes feitos por eles mesmos, o que pode tornar a descoberta mais impactante. Os resultados obtidos por tal equipe se encontram no APÊNDICE D.

Com isso, retoma-se à hipótese “a utilização do tema socioambiental “Agrotóxico” no componente curricular de Metodologia do Ensino de Química no curso de Licenciatura em Química do IFCE – *Campus* Maracanaú para se trabalhar o conteúdo de CLAE através da abordagem CTSA contribui para a reflexão crítica dos sujeitos acerca da temática, e como consequência, ajuda a provocar mudanças atitudinais”, que, através da análise dos resultados qualitativos e quantitativos, evidenciam-se melhoras na compreensão de algumas concepções atitudinais dos estudantes sobre CTSA, além da promoção do debate crítico acerca do uso de agrotóxicos e a atribuição de um significado ao estudo da técnica de CLAE, promovido pela aula experimental e visita técnica.

Por fim, espera-se que os resultados aqui obtidos possam servir como embasamento para a produção de futuras pesquisa na área de formação de professores, e que a abordagem CTSA possa ser inserida na base, a fim de criar um ensino cada vez mais contextualizado com o cotidiano do aluno.

REFERÊNCIAS

- ABD-ALRAHMAN, S. H. Residue and dissipation kinetics of thiamethoxam in a vegetable-field ecosystem using QuEChERS methodology combined with HPLC–DAD. **Food Chemistry**, v. 159, p. 1–4, 2014.
- AGUIAR, A. C. P. **Más-formações congênitas, puberdade precoce e agrotóxicos: uma herança maldita do agronegócio para a Chapada do Apodi (CE)**. Dissertação de Mestrado. 2017. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G. The Development of a New Instrument: “Views on ScienceTechnology-Society” (VOSTS). **Science Education**, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.
- AIKENHEAD, G. S. An analysis of four ways of assessing student beliefs about sts topics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 25, n. 8, 607–629, 1988.
- ALONSO, A. V.; DÍAZ, J. A. A.; MAS, M. A. M.; ROMERO, P. A. Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**, v. 8, n. 2, 2006b.
- ALONSO, A. V.; DÍAZ, J. A. A.; MAS, M. A. M.; ROMERO, P. A. Evaluación de los efectos de la materia CTS de bachillerato en las actitudes CTS del alumnado con una metodología de respuesta múltiple. **Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.**, 3(3), p. 317-348, 2006a.
- ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M.; DÍAZ, J. A. Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**, v. 7, n. 1, 2005.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. Estratégias de Ensino. In: ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. (Orgs.). **Processos de Ensino na universidade**: pressupostos para as estratégias do trabalho em aula. Joinville, SC: Editora Univille, 145 p., 2003.
- ANVISA. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). **Relatório das análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015**. Brasília, 25 de nov. 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+PARA+2013-2015_VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8>. Acesso em: 06 de dez. 2018.
- ANVISA. **Regularização de Produtos – Agrotóxicos**, [s.d.]. Monografias Autorizadas. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>>. Acesso em: 06 de dez. 2018.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Rev. Ensaio**, v. 3, n. 2, p. 122-134, jul/dez, 2001.

BRASIL. **Lei nº 7.802 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. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Seção 1. p. 11459, 12 de julho, 1989.

_____. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro 1999.** Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9782.htm>. Acesso em: 06 de dez. 2018.

_____. Ministério da Saúde (MS), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 119, de 19 de maio de 2003.** Publicada no DOU nº 97, de 22 de maio de 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_119_2003_.pdf/fdd0bda6-7411-4d4e-825b-3068d09013d8?version=1.0>. Acesso em: 06 de dez. 2018.

_____. Ministério da Saúde (MS), Conselho Nacional de Saúde (CNS). **Norma Operacional nº 001/2013.** A presente Norma Operacional dispõe sobre a organização e funcionamento do Sistema CEP/CONEP, e sobre os procedimentos para submissão, avaliação e acompanhamento da pesquisa e de desenvolvimento envolvendo seres humanos no Brasil, nos termos do item 5, do Capítulo XIII, da Resolução CNS nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.hgb.rj.saude.gov.br/ceap/Norma_Operacional_001-2013.pdf>. Acesso em: 06 de dez. 2018.

BUFFOLO, A. C. C.; RODRIGUES, M. A. Agrotóxicos: uma Proposta Socioambiental Reflexiva no Ensino de Química sob a Perspectiva CTS. **Investigação em Ensino de Ciências**. v. 20(1), p. 1-14, 2015.

CALDAS, S. S.; GOLÇALVES, F. F.; PRIMEL, E. G.; PRESTES, O. D.; MARTINS, M. L.; ZANELLA, R. Principais técnicas de preparo de amostra para a determinação de resíduos de agrotóxicos em água por cromatografia líquida com detecção por arranjo de diodos e por espectrometria de massas. **Quim. Nova**, v. 34, n. 9, p. 1604-1617, 2011.

CARNEIRO, F. F. (Org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CASSAL, V. B.; AZEVEDO, L. F.; FERREIRA, R. P.; SILVA, D. G.; SIMÃO, R. S. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **REGET**, v. 18 n. 1, p.437-445, abr. 2014.

CEARÁ. Lei nº 14.892 de 31 de março de 2011. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política estadual de educação ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado – CE** em 4 abr. 2011.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, 1998.

CHRISPINO, A. **Introdução aos Enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na Educação e no Ensino**. 1 ed. Madrid - Espanha: OEI - Organização dos estados Iberoamericanos, 2017. v. 1. 181p.

COLLINS, C. H. Princípios básicos de cromatografia. In: COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. (Coord.). **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed., Campinas: Editora da UNICAMP, 1997.

CORTEZ, J.; PRADO, S. D.; ROSA, C. T. W. O legado de madame Curie: relato de uma atividade para abordar radioatividade no Ensino Médio na perspectiva CTS. **REnCiMa**, v. 8, n. 5, p. 80-98, 2017.

COSTA, F. P. **Estudo do método QuEChERS para determinação multirresíduo de agrotóxicos em pêssego em calda**. Dissertação de Mestrado. 2012. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **REDES**, v. 3, n. 7, set, p. 13-51, 1996.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. **Quim. Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia: um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 21-25, mai. 1998.

DEWANGAN, G.; MISHRA, A.; MANDAL, T. K. A simple RP-HPLC method for determining imidacloprid residues in goat tissues. **Biomedical Research**, v. 27, n. 1, p. 11-15, 2016.

DÍAZ, J. A. A. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. **Borrador**, 13, p. 26-30, 1996.

DOMINGUES, M. R.; BERNARDI, M. R.; ONO, E. Y. S.; ONO, M. A. Agrotóxicos: Risco à Saúde do Trabalhador Rural. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 25, p. 45-54, jan./dez. 2004.

FARIA-MACHADO, A. F.; ANTONIASSI, R.; GUEDES, A. M. M.; WILHELM, A. E. Método de Análise de Tocoferóis em Azeite de Oliva por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência em Fase Reversa. **Comunicado Técnico 231**, Embrapa, Rio de Janeiro, RJ, dez. 2018.

FERREIRA, E. A.; CASTRO, H. S.; SILVA FILHO, S. S.; SANTOS, G. A. Experimentação no ensino de Química: uma abordagem a partir da extração de óleos essenciais. *Ciclo Revista, Anais do 3º ELPED e do 4º ELICPIBID*, v. 3, n. 1, 2018.

FLOR, C. C. Possibilidades de um Caso Simulado de CTS na Discussão da Poluição Ambiental. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, nov, 2007.

FRIEDRICH, K. Desafios para a avaliação toxicológica de agrotóxicos no Brasil: desregulação endócrina e imunotoxicidade. **Revista Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 2, p. 2-15, 2013.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUEARTS, K. Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. **International Journal of Science Education**, 10(4), 357–366, 1988.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun. 1995.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 1999.

GONÇALVES, L.S. O desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos neonicotinoides para o agronegócio apícola. **Mensagem Doce**, v. 117, p. 2-12, 2012. Disponível em: <<https://www.apacame.org.br/mensagemdoce/117/artigo1.htm>>. Acesso em: 06 de dez. 2018.

GUIMARÃES, L. F. L.; COLLINS, C. H. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. In: COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. (Coord.). **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed., Campinas: Editora da UNICAMP, 1997.

MALDANER, L.; SANTANA, C. C.; JARDIM, I. C. S. F. HPLC Determination of Pesticides in Soybeans using Matrix Solid Phase Dispersion. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 31, p. 972–983, 2008.

MAS, M. A. M.; ALONSO, A. V.; DÍAZ, J. A. A. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat**. Palma de Mallorca, Illes Balears, Spain: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. p. 72, 2001.

MAS, M. A. M.; ALONSO, A. V. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, 15-27, 2001.

MELO, C. C.; OLIVEIRA, R. C. B.; SOUZA, A. G. A utilização da experimentação como aporte de atividades problematizadoras para a significação de conceitos químicos no ensino médio. **Debates em Educação**, v. 11, n. 24, maio/ago. 2019.

MENBIELA, P. Los enfoques integrados de Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza secundaria. In: CAÑAL, P. (Coord.). **Biología y Geología**: Complementos de formación

disciplinar. Espanha: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte-Área de Educación, p. 212, 2011.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 2, p. 1-5, jul./dez. 1996.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. Recomposição do pH do Solo Utilizando Casca de ovo: Enfoque CTS Sobre o Ensino de Química. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 4, n. 2, p. 69-84, jul./dez, 2014.

OGIHARA, C. H. **Desenvolvimento e Validação de Método para a Determinação de Multirresíduos de Agrotóxicos em Solo Empregando o Método Quechers e a Cromatografia Líquida de Ultra Alta Eficiência Acoplada à Espectrometria de Massas Sequencial**. Dissertação de Mestrado. 2018. Dissertação (Mestrado) Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

OLIVEIRA, L. C. P. G. **Caracterização Parcial De Extratos De Mururé (Brosimum Acutifolium Huber) Através De Cromatografia Líquida De Alta Eficiência (HPLC)**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Faculdade de Ciências da Educação e Saúde Curso de Nutrição – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 2018.

OLIVEIRA, S., GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. Uma Proposta Didática com Abordagem CTS para o Estudo dos Gases e a Cinética Química Utilizando a Temática da Qualidade do Ar Interior. **R.B.E.C.T.**, v. 8, n. 4, p. 75-105, set/dez, 2015.

PALACIOS, E. M. G.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual**. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), 2001. Bravo Murillo, 38, 28015 Madrid, España, 2001.

PALACIOS, E. M. G.; VON LINSINGEN, I.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PEREIRA, L. T. V.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C.; BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Cadernos de Ibero-América, 2003.

PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de química no nível médio. **Revista Ciência & Ideias**, v. 5, n. 2, p. 1-18, mai/ago 2014.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático**. Tese de Doutorado. 2005. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 49/1, p. 1-14, mar, 2009.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. G.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 5, p. 422-442, maio 2016.

PORTILHO, I. I. R.; SCORZA-JÚNIOR, R. P.; DORES, E. F. G. C. Determinação de resíduos dos agrotóxicos tiametoxam, bifentrina e permetrina em amostras de solo. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 1-12, jan./dez. 2014.

PRADO, M. A.; GODOY, H. T. Teores de Corantes Artificiais em Alimentos Determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, 268-273, 2007.

PRESTES, O. D.; FRIGGI, C. A.; ADAIME, M. B.; ZANELLA, R. QuEChERS – Um método moderno de preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos por métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 6, p. 1620-1634, 2009.

QUEIROZ, S. C. N.; NOGUEIRA, R. T.; SAITO, M. L. Método para determinação multiresíduos de imazaquim, tebuconazole, fluazifop-p-butil e fluazifop-p em vagem de soja. In: **Congreso Virtual Iberoamericano Sobre Gestión de Calidad en Laboratorios**, 2., 2003, Valladolid. Resúmenes... Valladolid: Itacyl, 2003. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/13668/1/artcongressA52.pdf>>. Acesso em: 11 de dez. 2018.

REGIS, A. C. D.; BELLO, M. E. R. B. Conscientização Ambiental e a Abordagem de Poluentes Atmosféricos por Meio de uma Intervenção Didática: Vivência de uma Sala de Aula. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. (6)1, p. 95-111, 2011.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F.; MELO, L. F. C. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Quim. Nova**, v. 27, v. 5, p. 771-780, 2004.

ROIG, A. B.; GARCÍA-CARMONA, A.; ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M. (Coord.). **Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica**: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de Ciencia y Tecnología. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), 2001. Bravo Murillo, 38, 28015 Madrid, España, 2010a.

ROSA, J. S.; GODOY, R. L. O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. S.; MATTA, V. M.; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S.; SOUZA, R. S. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(4): 837-846, out. -dez. 2007.

RUBBA, P. A.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science-technology-society interactions. **Science Education**, v. 77, n. 4, p. 407-431, 1993.

RUTHS, J. C.; RIZZOTO, M. L. F.; MACHINESKI, G. G. Exposição a agrotóxicos e ocorrência de câncer em trabalhadores de dois municípios do Oeste do Paraná. **Ciência, Cuidado E Saúde**, 18(3), 2019.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de Caso em Química. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 731-729, 2007.

SANTOS, H. F.; AMARAL, C. L. C. Experimentação investigativa: aprendizagem de conceitos químicos através da montagem parcial de uma estação de tratamento de água. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 2, p. 281-296, 2019.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Tema Sociocientífico “Cachaça” em Aulas Práticas de Química na Educação Profissional: Uma Abordagem CTS. *Rev. Ensaio*, v. 14, n. 1, p. 227-239, jan/abr, 2012a.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Temas Sociocientíficos (Cachaça e Cerveja) em Aulas Práticas de Química na Educação Profissional: Uma Abordagem CTS. **R. B. C. E. T.**, v. 3, n. 2, p. 98-116, mai./ago, 2010a.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Tema Sociocientífico (Leite) em Aulas Práticas de Química na Educação Profissional: Uma Abordagem CTS. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. (5)3, p. 115-121, 2010b.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Temas Sociocientíficos “Sabão e Detergente” em Aulas Práticas de Química na Educação Profissional: Uma Abordagem CTS. **REnCiMa**, v. 3, n. 3, p. 405-518, 2012b.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. **RBPEC**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2001.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S- (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 110-132, jul-dez, 2002.

SANYAL, D.; CHAKMA, D.; ALAM, S. Persistence of a Neonicotinoid Insecticide, Acetamiprid on Chili (*Capsicum annum L.*). **Bull Environ Contam Toxicol**, v. 81, p. 365–368, 2008.

SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. Teores de carotenóides em mamão e pêssgo determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(1): 13-19, jan.-mar. 2007.

SERRA, L. S.; MENDES, M. R. F.; SOARES, M. V. A.; MONTEIRO, I. P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **REVISTA DO CEDS**, v. 1, n. 4, jan./jul. 2016.

SILVA, C. G. A.; COLLINS, C. H. Aplicações de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência Para o Estudo de Poluentes Orgânicos Emergentes. **Quim. Nova**, v. 34, n. 4, 665-676, 2011.

SILVA, P. B. C. **Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina nas décadas de 60 e 70: análise de obras do período**. Dissertação de Mestrado. 2015. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

SILVÉRIO, F. O.; SILVA, J. G. S.; AGUIAR, M. C. S.; CACIQUE, A. P.; PINHO, G. P. Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência. **Quim. Nova**, v. 35, n. 10, p. 2052-2056, 2012.

TERRA, F. H. B. **A indústria de agrotóxicos no Brasil**. Dissertação de Mestrado. 2008. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VACCAREZZA, L. S. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, 1998.

VACHESKI, G. M. O. **Atividades sob a Perspectiva CTS na Formação Inicial de Professores de Química: Implicações para o Desenvolvimento Profissional Docente**. Dissertação de Mestrado. 2016. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

VILCHES, A.; FURIÓ, C. Ciencia, Tecnología, Sociedad: Implicaciones en la Educación Científica para el Siglo XXI. In: **I Congreso Internacional "Didáctica de las Ciencias" y VI Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física**. Habana, Cuba, 1999.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, p. 1-19, nov., 2007.

YAGER, R. E.; AKCAY, H. Comparison of Student Learning Outcomes in Middle School Science Classes with an STS Approach and a Typical Textbook Dominated Approach. **RMLE Online**, 31:7, p. 1-16, 2008.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAPPE, J. A. **Agrotóxicos no Contexto Químico e Social**. Dissertação de Mestrado. 2011. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2018.

APÊNDICE A – TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Agrotóxicos como Tema Socioambiental no Ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência: Proposta de Abordagem com Enfoque CTSA

Pesquisador: Eduardo da Silva Firmino

Orientadora: Caroline de Goes Sampaio

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Este estudo tem como questionamento norteador: como inserir o enfoque CTSA no ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) visando tornar o processo de ensino desse conteúdo contextualizado com o cotidiano dos educandos, além de promover o debate crítico acerca da temática socioambiental “Agrotóxicos”? Com isso, esta pesquisa tem como objeto de estudo a abordagem CTSA no ensino de Química Analítica.

Objetivo Geral da pesquisa:

Analisar a contribuição da temática “agrotóxicos” para a compreensão da técnica de CLAE, ministrada através de curso de extensão de Química Analítica III, através de uma abordagem socioambiental utilizando enfoque CTSA, além de provocar a reflexão crítica dos estudantes acerca da problemática envolvendo os agrotóxicos e a importância dessa técnica de separação de misturas.

Objetivos Específicos:

- Avaliar as concepções dos alunos do curso de Licenciatura em Química no que diz respeito às relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente;
- Promover uma discussão da temática agrotóxicos utilizando seminário de forma a proporcionar uma relação entre a técnica de CLAE e sua importância para os estudantes do curso de Licenciatura em Química, além da contribuição para o seu aprendizado, atribuindo um significado;
- Verificar se houve mudanças de concepções atitudinais relacionadas à visão crítica da ciência e tecnologia e suas relações com a sociedade e o ambiente.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a fazer o preenchimento de questionário e/ou gravação de entrevista em áudio e/ou vídeo. Estes

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



procedimentos descritos acima ocorrerão nas dependências do IFCE – Campus Maracanaú dentro do cronograma do curso de CLAE, não sendo necessário o deslocamento ao campus em outros períodos. Somente o pesquisador e a orientadora terão acesso ao material coletado e a identidade dos participantes será mantida em sigilo absoluto. As aplicações de questionários devem ocorrer no período de uma aula (50 minutos). Ao fim da pesquisa, os dados serão discutidos pelos pesquisadores envolvidos e, em seguida, o material coletado na forma de questionário e entrevistas de vídeo ou áudio serão descartadas, ficando de posse dos pesquisadores por um período máximo de 12 meses.

Desconfortos e riscos:

Você não deve participar deste estudo caso sentir algum tipo de desconforto dentro das dependências do laboratório de química ou possuir impossibilidade de seguir as orientações do pesquisador, pois essa pesquisa envolve a participação em aulas práticas experimentais, que estão inseridas no componente curricular da disciplina em que será desenvolvido o estudo.

Ao estar dentro do laboratório de química para a realização das aulas experimentais dessa pesquisa, o sujeito está exposto aos seguintes riscos:

- Risco de acidente

Este risco coloca em perigo a integridade e o bem-estar físico e moral do profissional que trabalha dentro do local. Os maiores riscos estão associados a máquinas e equipamentos que podem causar incêndios e explosões. Acidentes mais comuns: queimaduras, cortes e perfurações. Esse risco é classificado como mínimo, pois não será manuseado diretamente nenhum equipamento dessa natureza.

- Riscos ergonômicos

Acontecem devido aos esforços repetitivos que prejudicam a postura do profissional, causando lesões graves e que podem afetar a realização de suas atividades laboratoriais. São considerados riscos ergonômicos todas as ações que podem interferir nas características psicofisiológicas do profissional. Os melhores exemplos desses riscos são: levantamento de peso, execução de movimentos repetitivos, trabalho em turnos muito longos e postura incorreta do trabalhador durante a execução de suas funções. Esse risco é classificado com moderado.

- Riscos físicos

O risco físico pode ser gerado por máquinas e condições físicas inadequadas, tais como: pressões anormais, temperaturas extremas de frio ou calor, ruídos e vibrações, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes. Esse risco é classificado como mínimo, pois os sujeitos não serão expostos diretamente a tais condições citadas anteriormente.

- Riscos químicos

Estão relacionados com a exposição do profissional a agentes ou substâncias químicas na forma líquida, gasosa ou em forma de partículas encontradas no (poeira, mineral e vegetal), podendo penetradas vias respiratórias, pele ou ser ingeridas. Esse risco é classificado com alto, visto que os sujeitos irão manejar reagentes químicos. No entanto, tudo acontecerá com a devida supervisão dos pesquisadores e mediante a utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) que serão descritos posteriormente.

- Riscos biológicos

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



Está relacionado ao manuseio ou contato com materiais biológicos e/ou animais infectados com agente biológicos nocivos como: bactérias, fungos, vírus e protozoários. Este tipo de risco é responsável por uma série de doenças que podem prejudicar a saúde do profissional. Esse risco é identificado como mínimo, visto que nenhum dos itens descritos acima fazem parte da aula experimental dessa pesquisa.

Para evitar os riscos existentes dentro desse ambiente, todos os sujeitos da pesquisa devem seguir as normas técnicas e legais e utilizar os EPIs mais adequados para a proteção contra esses agentes. São indicados para esse tipo de atividade os seguintes EPIs:

- Avental de segurança;
- Luvas descartáveis de nitrílica, borracha ou látex;
- Máscara de proteção respiratória;
- Óculos de proteção;
- Protetor facial.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre a metodologia CTSA usada nas aulas de Química Analítica III, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa subsidiar futuras adesões a mesma metodologia, onde o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos.

Acompanhamento e assistência:

Caso o participante necessite de algum acompanhamento ou assistência poderá solicitar aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Se assim o desejar, poderá solicitar a interrupção da participação na pesquisa, se a mesma estiver lhe causando algum desconforto. Caso aconteça algum acidente no Laboratório de Química, o participante será encaminhado à enfermaria do Campus para receber o atendimento de primeiros socorros, e a depender da avaliação realizada, o SAMU será acionado caso o acidente possua maior gravidade.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado. Qualquer gravação (áudio e/ou vídeo) e/ou questionário aplicados durante a pesquisa será(ão) mantido(s) em posse do pesquisador responsável por um período de 18 meses. Após passado esse tempo todo o material será descartado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Eduardo da Silva Firmino ou Caroline de Goes Sampaio, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciência e Matemática (PGECEM, sala 141, fone (88) 99922-8075, e-mail: eduardo.ifce@outlook.com).

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretária do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

APÊNDICE B – ROTEIRO DA AULA EXPERIMENTAL REALIZADA



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CEARÁ
Campus Maracanaú

ROTEIRO DA AULA PRÁTICA DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA ANÁLISE DE AGROTÓXICOS EM AMOSTRAS DE PIMENTÃO COMERCIAL

INTRODUÇÃO

Segundo a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, agrotóxico é definido como

- a) os produtos e os 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;
- b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989).

Eles podem ser classificados de acordo com seu efeito à saúde humana conforme descrito no Quadro 1, adaptado de Aguiar (2017). Podem ainda ser classificados por classes de acordo com a ação do seu grupo químico, a exemplo destacamos: inseticida, fungicida e herbicida (AGUIAR, 2017).

Quadro 1. Classificação dos agrotóxicos quanto o efeito à saúde humana.

Classe toxicológica	Descrição	Faixa indicativa de cor
I	Extremamente tóxicos DL₅₀ < 50 mg/kg	Vermelho vivo
II	Muito tóxico DL₅₀ de 50 a 500 mg/kg	Amarelo intenso
III	Moderadamente tóxico DL₅₀ de 500 a 5000 mg/kg	Azul intenso
IV	Pouco tóxico DL₅₀ > 5000 mg/kg	Verde intenso

Fonte: adaptado de Aguiar (2017)

Deve-se, no entanto, tomar certos cuidados quanto a efetividade dessa classificação mostrada acima, pois como aponta Friedrich (2013), os estudos feitos para realizar essa classificação são limitados, pois não abordam, por exemplo, a exposição a mais de um agrotóxico ao mesmo tempo, realidade em que a população está exposta, assim “tornando-a incapaz de subsidiar a tomada de decisões, de modo a proteger os seres humanos dos riscos decorrentes da exposição aos agrotóxicos” (FRIEDRICH, 2013, p. 10). Além do mais, mesmo classificados como moderadamente ou pouco tóxico é preciso ficar atento ao efeito crônico, que ocorre com o passar dos anos e pode desenvolver graves doenças como o câncer, conforme o Dossiê ABRASCO (CARNEIRO,



2015).

Os processos de produção agrícola no Brasil estão cada vez mais condicionados ao uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, como mostra o Dossiê ABRASCO (CARNCEIRO, 2015). Em 2010, o Brasil chegou a comercializar cerca de US\$ 7,3 bilhões, representando 19% do mercado mundial de agrotóxicos. Em 2011, o Brasil registrou plantio de 71 milhões de hectares de lavoura denominada temporária, que inclui soja, milho, cana e algodão, e permanente, que inclui café, cítricos, frutas e eucaliptos, correspondendo a cerca de 853 milhões de litros de agrotóxicos pulverizados nessas culturas, que inclui principalmente herbicidas, fungicidas e inseticidas, representando uma média de uso de 12 litros por hectare e exposição média ambiental/ocupacional/alimentar de 4,5 litro de agrotóxicos por habitante, aponta o documento.

Ainda segundo o levantamento, o consumo de agrotóxicos vem aumentando ao longo dos anos em relação a área plantando, em que a média passou de 10,5 litros por hectare em 2002 para 12 litros por hectare em 2011. Outro dado a se destacar, é que dos 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras do país, 22, ou 44%, são proibidos na União Europeia.

Conforme aponta o Dossiê, no que tange aos resíduos em alimentos, cerca de um terço das amostras consumidas pelos brasileiros está contaminada com agrotóxicos, sendo analisadas amostras nos 26 estados da federação sendo que em 28% dos casos foram detectados resíduos de agrotóxicos não autorizado para aquele cultivo ou que excedem o limite permitido. No detalhamento das amostras insatisfatórias, o nível médio de contaminação nos 26 estados brasileiros está distribuído nas culturas agrícolas da seguinte forma: pimentão (91,8%), morango (63,4%), pepino (57,4%), alface (54,2%), cenoura (49,6%), abacaxi (32,8%), beterraba (32,6%) e mamão (30,4%).

Com o exposto aqui, esta atividade experimental pretende analisar a presença de agrotóxicos em amostras de pimentão (média de contaminação de 91,8%). Os agrotóxicos escolhidos pertencem à classe agrônômica dos inseticidas, com classificação quanto ao efeito à saúde humana sendo III, o que significa que são moderadamente tóxicos, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2. Descrição dos agrotóxicos que serão analisados

Pesticida	Grupo Químico	Classe agrônômica	Toxicologia
Acetamiprido	Neonicotinóide	Inseticida	III
Imidacloprido	Neonicotinóide	Inseticida	III
Thiamethoxam	Neonicotinóide	Inseticida	III

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é órgão responsável por regulamentar a aplicação desse tipo de defensivo agrícola. No Quadro 3 é possível



observar os valores máximos de resíduos de agrotóxico permitidos para a cultura de pimentão.

Quadro 3. Valores de resíduos de agrotóxicos regulado pela ANVISA

Pesticida	Aplicação	LMR (mg/kg)
Acetamiprido	Foliar	0,5
Imidacloprido	Foliar	0,5
Thiamethoxam	Foliar	0,2

Fonte: ANVISA

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Material necessário

- Cromatógrafo líquido de alta eficiência
- Balança analítica
- Agitador vórtex
- Centrífuga
- Liquidificador
- Espátula
- Micropipeta
- Cloreto de sódio
- Acetonitrila
- Sulfato de magnésio
- Sorvente PSA
- Tubo de Falcon de 15 ml (2)
- Béquer de 50 ml (1)
- Amostra de pimentão
- Frasco de *eppendorf* (2)

Condições cromatográficas

As análises serão realizadas no modo gradiente, conforme exposto na Tabela 1, usando como fase móvel uma mistura de acetonitrila/água e volume de injeção de 20 μ L (loop). Será utilizado um detector de UV com monitoramento em 254 e 270 nm e uma coluna Kinetex EVO C18 (250 x 4,6 mm e 5 μ m de espessura do filme).

Tabela 1. Gradiente da corrida cromatográfica

Tempo (min)	Solventes		Vazão (ml/min)
	Água	Acetonitrila	
0	90	10	0,7
5	70	30	0,7
10	90	10	0,7
15	90	10	0,7



Construção da curva analítica

A determinação quantitativa dos agrotóxicos foi realizada pelo método de adição de padrão. Devido ao longo tempo necessário, foi realizada a construção prévia da curva de calibração que será usada como consulta para verificar a presença dos agrotóxicos nas amostras de pimentão que vocês trouxeram para analisar, e que será descrita no próximo tópico.

Análise do pimentão pelo método de QuEChERS

Com o fruto *in natura* fracione-o e em seguida adicione-o no liquidificador para processá-lo até obter uma pasta homogênea. Pese 5 g da amostra obtida em tubo de Falcon e adicione 5 ml de acetonitrila, 2,0 g de sulfato de magnésio anidro, 0,5 g de cloreto de sódio, seguido de agitação por 1 minuto em agitador vórtex. Após a agitação, centrifugue a amostra por 10 minutos a 3000 RPM.

Após o processo acima, transfira uma alíquota de 2,5 ml da fase líquida para o segundo tubo de Falcon e adicione 0,375 g de sulfato de magnésio e 0,0625 g de sorvente PSA, seguido de agitação em vórtex por 1 minutos e centrifugação de 10 minutos a 3000 RPM. Por fim, retire uma alíquota de 2,0 ml da fase líquida e adicione em um frasco de *eppendorf*. Sua amostra está pronta para análise no aparelho.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C. P. **Más-Formações Congênitas, Puberdade Precoce e Agrotóxicos: uma Herança Maldita do Agronegócio para a Chapada do Apodi (CE)**. Dissertação de Mestrado. 2017. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

BRASIL. **Lei nº 7.802 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Seção 1. p. 11459, 12 de julho, 1989.

CARNEIRO, F. F. (Org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

FRIEDRICH, K. Desafios para a avaliação toxicológica de agrotóxicos no Brasil: desregulação endócrina e imunotoxicidade. **Revista Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 2, p. 2-15, 2013.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COMPLEMENTAR



INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ
Campus Fortaleza



PGECM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE QUÍMICA

Título da pesquisa: Agrotóxicos como Tema Socioambiental no Ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE): uma Proposta de Abordagem com Enfoque CTSA

Pesquisador: Eduardo da Silva Firmino

Orientadora: Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio

Questionário 02.

- 01.** Qual sua visão acerca da importância da técnica de CLAE após a aplicação desta pesquisa?
- 02.** Sobre os “Agrotóxicos”, você identificou relevância ao estudar o tema? Exemplifique. Existe relação com o cotidiano? Quais?
- 03.** Conte sobre a experiência de realizar uma aula prática utilizando material trazido de casa, do seu cotidiano. Você acha relevante esse tipo de atividade experimental? Por quê?
- 04.** Faça uma avaliação sobre a visita técnica realizada ao NUTEC destacando os pontos positivos e negativos (se houverem). Comente sobre a importância do trabalho realizados por seus pesquisadores.

APÊNDICE D – RESULTADO EXPERIMENTAL INCOMUM OBTIDO POR UMA DAS EQUIPES

Page 1 of 2

Area % Report

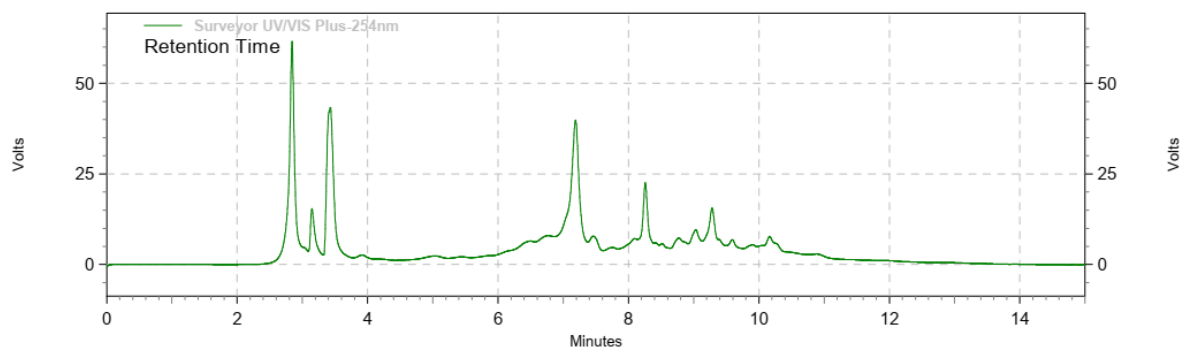
Data File:

C:\ChromQuest\Enterprise\Projects\Default\Data\Carolzinha\Eduardo\Pesquisa_Mestrado\equipe_Jedihelel_25-04.dat

Method: C:\ChromQuest\Enterprise\Projects\Default\Method\CAROL METODO\PESTICIDA 09_08.met

Acquired: 8/7/2009 16:22:03

Printed: 8/7/2009 17:18:57



Surveyor UV/VIS

Plus-254nm

Results (System

(8/7/2009

17:18:50)

(Reprocessed))

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
----------------	------	--------	--------	----------

Surveyor UV/VIS

Plus-270nm

Results (System

(8/7/2009

17:18:50)

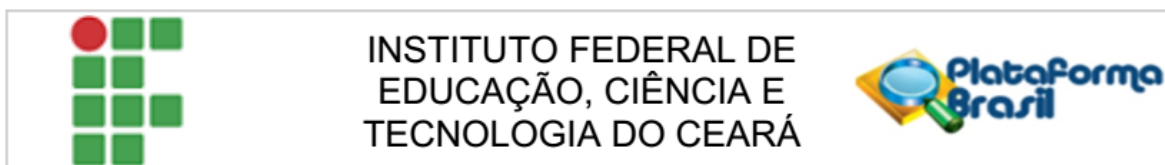
(Reprocessed))

Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
2,843	344440	24,45	56539	22,95
3,145	86020	6,11	15145	6,15
3,417	123199	8,75	41469	16,83
3,430	203222	14,43	42228	17,14
3,918	10418	0,74	1005	0,41
6,403	264	0,02	90	0,04
7,048	33688	2,39	5264	2,14
7,192	107006	7,60	14791	6,00
7,500	8679	0,62	1395	0,57
7,703	1652	0,12	355	0,14
8,092	30128	2,14	3261	1,32
8,258	123255	8,75	17182	6,97
8,522	6264	0,44	1328	0,54
8,777	50125	3,56	5758	2,34
8,855	36395	2,58	5899	2,39
9,035	78174	5,55	11016	4,47

9,220	23846	1,69	4411	1,79
9,268	22298	1,58	4503	1,83
9,393	23743	1,69	3558	1,44
9,592	44884	3,19	5661	2,30
9,903	19193	1,36	2161	0,88
10,007	11738	0,83	1612	0,65
10,202	19915	1,41	1736	0,70

Totals	1408546	100,00	246367	100,00
--------	---------	--------	--------	--------

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AGROTÓXICOS COMO TEMA SOCIOAMBIENTAL NO ENSINO DE QUÍMICA
ANALÍTICA: PROPOSTA DE ABORDAGEM COM ENFOQUE CTSA

Pesquisador: EDUARDO DA SILVA FIRMINO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 97369518.5.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.004.530

Apresentação do Projeto:

A apresentação do projeto é clara e permite identificar a proposta do autor.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa atendem ao que o título propõe para o estudo e são perfeitamente possíveis de serem alcançados

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos estão expostos no projeto e permitem os participantes enxergar com clareza ao que serão expostos. Quanto aos benefícios esses são muito significativos tendo em vista o desconhecimento sobre agrotóxicos pela maior parte da população

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta uma ótima proposta em dias atuais, onde é cada vez mais frequente a discussão dos riscos e benefícios do uso de agrotóxicos na agricultura

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos estão claros e dentro do que se espera para que o estudo seja realizado.

Recomendações:

Os participantes devem ser levados ao laboratório previamente para se ambientarem antes de decidirem participar da pesquisa. Isso porque laboratórios as vezes causam desconforto por cheiro e odor de reagentes usados comumente e que impregnam o ambiente.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

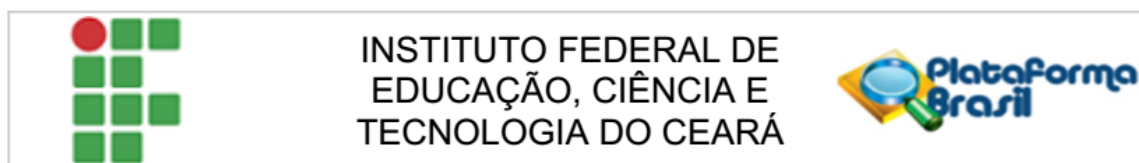
UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 3.004.530

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O trabalho trará retorno significativo aos participantes e sociedade por proporcionar maior conhecimento que poderá ser utilizado na orientação da comunidade interessada.

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está apto para a realização

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1171554.pdf	24/10/2018 09:58:37		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	24/10/2018 09:58:12	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_mestrado.pdf	24/10/2018 09:58:01	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Cronograma	Cronograma_.pdf	23/10/2018 14:35:40	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_corrigida.pdf	29/08/2018 16:47:41	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Outros	Questionario_CTSA.pdf	24/08/2018 21:40:08	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Outros	Declaracao_de_garantia_de_regresso_dos_beneficios_da_pesquisa.pdf	24/08/2018 21:39:25	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Outros	Declaracao_de_compromisso_de_apresentacao_dos_resultados.pdf	24/08/2018 21:38:48	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	24/08/2018 21:37:02	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_autorizacao_e_declaracao_de_infraestrutura.pdf	24/08/2018 21:36:24	EDUARDO DA SILVA FIRMINO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

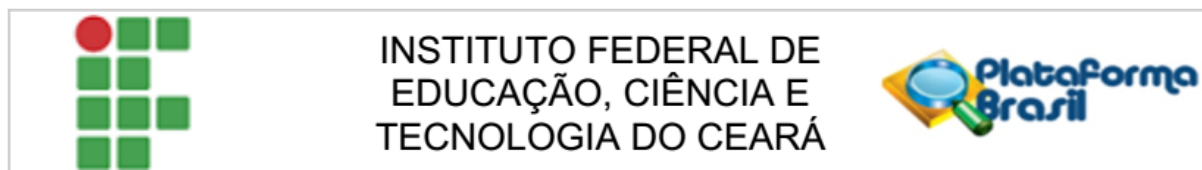
Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 3.004.530

FORTALEZA, 07 de Novembro de 2018

Assinado por:
Jefté Ferreira da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

ANEXO B – QUESTÕES DO COCTS UTILIZADAS NA PESQUISA



INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ
Campus Fortaleza



PGECM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE QUÍMICA

Título da pesquisa: Agrotóxicos como Tema Socioambiental no Ensino de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência: Proposta de Abordagem com Enfoque CTSA

Pesquisador: Eduardo da Silva Firmino

Orientadora: Profa. Dr. Caroline de Goes Sampaio

APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Este questionário pretende conhecer as suas opiniões sobre algumas questões importantes sobre a ciência e a tecnologia no mundo atual. Todas as questões têm a mesma estrutura: um texto inicial que coloca um problema ao qual se segue uma lista de frases que representam diferentes alternativas de possíveis respostas a esse problema e que estão ordenadas e identificadas sucessivamente com uma letra (A, B, C, D etc.).

Pede-se que atribua um valor relativo ao seu grau de concordância pessoal com cada uma dessas frases escrevendo no quadrado à esquerda da frase o número que representa a sua opinião, expresso numa escala de 1 a 9 com os seguintes significados:

Grau de concordância com a frase									Outros*	
Baixo			Médio			Alto			Não a entendo	Não sei
1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

*Nos casos em que não possa manifestar a sua opinião relativamente a alguma frase, escreva uma razão:

E. Não entendo a frase.

ou **S. Não sei o suficiente para a avaliar.**

Exemplo de pergunta com respostas

(Os números situados na coluna da esquerda representam as respostas que deve escrever; os valores neste exemplo são fictícios e não devem ser tomados como referência para mais nada)

10412 A ciência influencia a tecnologia?

- 1 A. A ciência não tem muita influência na tecnologia.
- 6 B. Tecnologia é ciência aplicada.
- 8 C. O avance na ciência conduz a novas tecnologias.
- 9 D. A ciência torna-se mais valiosa quando se usa na tecnologia.
- 7 E. A ciência é o conhecimento base para a tecnologia.
- 8 F. Os conhecimentos da investigação científica aplicada usam-se mais na tecnologia que os conhecimentos da investigação científica pura.
- 2 G. A tecnologia é a aplicação da ciência para melhorar a vida.

Nome: _____ Data: ____/____/____
Nascimento: ____/____/____ Curso: _____ Período: _____

Leia com atenção cada questão e as diferentes frases alternativas. Atribua um valor a cada frase, com sinceridade, e escreva-o no quadrado correspondente.

01. (10111) Definir o que é a ciência é difícil porque ela é complexa e engloba muitas coisas. Mas a ciência é, PRINCIPALMENTE:

- ☐ A. O estudo de áreas tais como biologia, química, geologia e física.
- ☐ B. Um corpo de conhecimentos, como princípios, leis e teorias que explicam o mundo que nos rodeia (matéria, energia e vida).
- ☐ C. Explorar o desconhecido e descobrir coisas novas sobre o mundo e o universo, e como funcionam.
- ☐ D. Realizar experiências para resolver problemas de interesse sobre o mundo que nos rodeia.
- ☐ E. Inventar ou conceber coisas (por exemplo corações artificiais, computadores, veículos espaciais).
- ☐ F. Pesquisar e usar conhecimentos para fazer deste mundo um lugar melhor para viver (por exemplo curar doenças, solucionar a contaminação e melhorar a agricultura).
- ☐ G. Uma organização de pessoas (chamados cientistas) que têm ideias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.
- ☐ H. Um processo de investigação sistemático e o conhecimento que daí resulta.
- ☐ I. Não se pode definir ciência.

02. (10211) Definir o que é a tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Mas a tecnologia, PRINCIPALMENTE, é:

- ☐ A. Muito parecida com a ciência.
- ☐ B. A aplicação da ciência.
- ☐ C. Novos processos, instrumentos, maquinaria, ferramentas, aplicações, artefatos, computadores ou aparelhos práticos para uso diário.
- ☐ D. Robôs, eletrônica, computadores, sistemas de comunicação, automatismos, máquinas.
- ☐ E. Uma técnica para construir coisas ou uma forma de resolver problemas práticos.
- ☐ F. Inventar, desenhar e ensaiar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores e veículos espaciais).
- ☐ G. Ideias e técnicas para conceber e fazer coisas; para organizar os trabalhadores, as pessoas de negócios e os consumidores; e para o progresso da sociedade.
- ☐ H. Saber como fazer coisas (por exemplo, instrumentos, maquinaria, aparelhos).

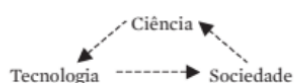
03. (10411) A ciência e a tecnologia estão estreitamente relacionadas entre si:

- ☐ A. Porque a ciência é a base dos avanços tecnológicos, mas é difícil ver como é que a tecnologia poderia ajudar a ciência.
- ☐ B. Porque a investigação científica conduz a aplicações práticas tecnológicas, e as aplicações tecnológicas aumentam a capacidade para fazer investigação científica.
- ☐ C. Porque apesar de serem diferentes, atualmente estão tão estreitamente unidas que é difícil separá-las.
- ☐ D. Porque a tecnologia é a base de todos os avanços científicos, ainda que seja difícil ver como é que a ciência pode ajudar a tecnologia.
- ☐ E. Ciência e tecnologia são mais ou menos a mesma coisa.

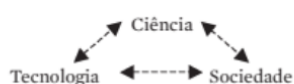
04. (30111) Qual dos seguintes diagramas representaria melhor as interações mútuas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade? (As setas simples indicam uma única direção para a relação e as duplas indicam interações mútuas. As setas mais grossas indicam uma relação mais intensa que as finas e estas mais que as tracejadas; a ausência de seta indica inexistência de relação).

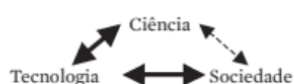
☐ A. Ciência → Tecnologia → Sociedade

☐ B. Tecnologia → Ciência → Sociedade

☐ C. 

☐ D. 

☐ E. 

☐ F. 

☐ G. 

05. (40531) Mais tecnologia melhorará o nível de vida do nosso país.

- ☐ A. Sim, porque a tecnologia sempre melhorou o nível de vida e não há razão para que o não faça agora.
- ☐ B. Sim, porque quanto mais sabemos, melhor podemos resolver os nossos problemas e cuidar de nós mesmos.
- ☐ C. Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a tornar a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida.



INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ
Campus Fortaleza



- ☐ D. Sim, mas só para aqueles que a podem usar. Mais tecnologia destruirá postos de trabalho e fará com que haja mais gente abaixo da linha de pobreza.
- ☐ E. Sim e não. Mais tecnologia tornaria a vida mais agradável e mais eficiente, MAS também causaria mais contaminação, desemprego e outros problemas. O nível de vida pode melhorar, mas a qualidade de vida pode não melhorar.
- ☐ F. Não, porque somos irresponsáveis com a tecnologia que agora temos; como exemplos podemos citar a desmesurada produção de armas e o uso abusivo dos recursos naturais.

06. (80131) Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reator nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer), pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem as desvantagens.

- ☐ A. A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e essa pode travar o seu desenvolvimento posterior.
- ☐ B. A decisão depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens da tecnologia. Depende do bom funcionamento, do seu custo e da sua eficiência.
- ☐ C. Depende do ponto de vista que se tenha. O que é uma vantagem para uns pode ser uma desvantagem para outros.
- ☐ D. Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.
- ☐ E. Depende do tipo de nova tecnologia de que se trate. Nuns casos, a decisão dependerá das vantagens ou das desvantagens, e noutros casos, dependerá de outras coisas.

07. (90411) Ainda que as investigações científicas se façam corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem com essas investigações pode mudar no futuro.

O conhecimento científico muda:

- ☐ A. Porque os cientistas mais jovens desaprovam as teorias ou descobertas dos cientistas anteriores. Isso acontece usando novas técnicas ou instrumentos melhorados para encontrar fatores novos passados por alto antes, ou para detectar erros na investigação original “correta”.
- ☐ B. Porque o conhecimento velho e antigo é reinterpretado à luz das novas descobertas; portanto, os fatos científicos podem mudar.
- ☐ C. O conhecimento científico PARECE mudar porque pode ser distinta a interpretação ou a aplicação de velhos fatos; mas as experiências realizadas corretamente produzem fatos invariáveis.
- ☐ D. O conhecimento científico PARECE mudar porque o novo conhecimento se junta sobre o anterior; mas o conhecimento antigo não muda.

08. (20211) A investigação científica no nosso país seria melhor se fosse mais estreitamente dirigida pelas empresas (por exemplo, companhias de alta tecnologia, comunicações, farmacêuticas, florestais, mineiras ou manufatureiras).

Deveriam ser principalmente as empresas a dirigir a ciência:

☐ A. Porque um controlo mais estreito pelas empresas tornaria a ciência mais útil e conseguiria descobertas mais rapidamente, graças às suas comunicações mais rápidas, melhor dotação económica e mais competitividade.

☐ B. Para melhorar a cooperação entre a ciência e a tecnologia e, portanto, resolver os problemas juntas.

☐ C. Mas as instituições do governo ou públicas deveriam poder dizer algo sobre o que a ciência pretende conseguir.

As empresas NÃO deveriam dirigir a ciência:

☐ D. Porque se o fazem, as descobertas científicas estariam limitadas àquelas que beneficiam as empresas (por exemplo, ter lucros).

☐ E. Porque, se o fazem, as empresas obstaculizariam a investigação de problemas importantes que as empresas não querem enfrentar (por exemplo, a contaminação produzida pela empresa).

☐ F. A ciência não pode ser dirigida nem pelas empresas nem por ninguém, porque nem sequer os cientistas podem controlar o que a ciência descobrirá.

09. (40131) Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis por informar o público em geral sobre as suas descobertas, de modo que o cidadão médio pudesse entendê-los.

Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis:

☐ A. Porque de outra maneira as descobertas científicas são demasiado difíceis e complexas de entender para uma pessoa média, e isso faz parecer que a ciência progride demasiado depressa.

☐ B. Porque os cidadãos deveriam conhecer como se gasta o dinheiro público na ciência.

☐ C. Porque os cidadãos têm direito de saber o que acontece no seu país. Deveriam conhecer as descobertas para melhorar as suas próprias vidas tomando consciência dos benefícios da ciência e para estar informado de todas as opções responsáveis que podem afetar o seu futuro.

☐ D. Porque os cidadãos poderiam estar interessados ou ter curiosidade em conhecer as novas descobertas.

☐ E. Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis por informar sobre algumas descobertas (por exemplo, as novas descobertas mais significativas que podem afetar os cidadãos), mas outras deveriam manter-se sem serem informadas.

☐ F. Os cientistas podem tentar informar das suas descobertas, mas o cidadão médio não entenderá ou não estará interessado nelas.

☐ G. Os cientistas NÃO deveriam ser considerados responsáveis já que, com frequência, aos cidadãos não parece importar-lhes. Os cidadãos devem aprender suficiente ciência para entender as informações.

Obrigado pela sua colaboração!