

Universidade Estadual Paulista

Gian Vitor Rodrigues

PARA ALÉM DAS FÓRMULAS: EXPLORANDO O ENSINO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ÁLCOOL EM GEL COM UMA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE  
E AMBIENTE

Araraquara

2024

GIAN VITOR RODRIGUES

PARA ALÉM DAS FÓRMULAS: EXPLORANDO O ENSINO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ÁLCOOL EM GEL COM UMA PERSPECTIVA CTSA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto de Química de Araraquara, Universidade  
Estadual Paulista, como parte dos requisitos para  
obtenção do grau de Licenciado em Química

Orientador: Prof. Dr. Vagner Antonio Moralles

R696a      Rodrigues, Gian Vitor

Para além das fórmulas : explorando o ensino sobre a produção de álcool em gel com uma perspectiva ciência, tecnologia, sociedade e ambiente / Gian Vitor Rodrigues. -- Araraquara, 2024

121 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara

Orientador: Vagner Antonio Morales

1. Material didático. 2. Educação - Métodos experimentais. 3. Álcool. 4. Didática. 5. Planejamento educacional. I. Título.

GIAN VITOR RODRIGUES

PARA ALÉM DAS FÓRMULAS: EXPLORANDO O ENSINO SOBRE A PRODUÇÃO DE  
ÁLCOOL EM GEL COM UMA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE  
E AMBIENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho” como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Licenciado em Química

Araraquara, 27 de novembro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **VAGNER ANTONIO MORALLES**  
Data: 02/12/2024 16:42:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Vagner Antonio Morales

Documento assinado digitalmente  
 **EDUARDO MAFFUD CILLI**  
Data: 03/12/2024 15:54:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Eduardo Maffud Cilli

Documento assinado digitalmente  
 **CAROLINA MARTINS PRIMO**  
Data: 04/12/2024 12:46:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Ma. Carolina Martins Primo

## DADOS CURRICULARES

### IDENTIFICAÇÃO

**Nome:** Gian Vitor Rodrigues

**Nome em citações:** RODRIGUES, G. V.

## ATIVIDADES ACADÊMICAS RELEVANTES

### PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Félix, D.B.; Truzzi, D.R.; Netto, A. V., Soares, M. I. Z.; Rodrigues, G. V.; Pereira, J. C.M. Kinetic Study of the reaction between the cyclopalladated complex [PdCl(C<sub>2</sub>,N-dmba)(tu)] (dmba=*N,N*-DIMETHYLBENZYLAMINE, tu = ThioureaTHIOUREA) and L-cysteine. *Quím Nova* v. 47, n. 6, p.1- 5, 2024.

### APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS EM CONGRESSOS

I) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. Avaliação do efeito do óxido nítrico na atividade anticâncer das tiossemicarbazonas derivadas da vanilina. *In: Primeira fase do XXXIII Congresso de Iniciação Científica (CIC), XXXIII, 2021, Araraquara. Anais...* São Paulo: UNESP, 2021, p. 1.(Apresentação de pôster).

II) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. Efeito do óxido nítrico na atividade anticâncer da tiossemicarbazona: 1N-vanilina-4-N-(metil)- tiossemicarbazona. *In: Primeira fase do XXXIV Congresso de Iniciação Científica (CIC), XXXIV, 2022, Araraquara. Anais[...]* São Paulo: UNESP, 2022, p. 1.(Apresentação de pôster).

III) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. Efeito do óxido nítrico na atividade anticâncer da tiossemicarbazona: 1N-vanilina-4-N-(metil)- tiossemicarbazona. *In: I Curso de Inverno em Biociências e Biotecnologia da FCFAr/UNESP, I, 2023, Araraquara. Resumos[...]* Araraquara: UNESP, 2023. (Apresentação de pôster).

IV) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. Avaliação do efeito do óxido nítrico na atividade anticâncer das tiossemicarbazonas derivadas da vanilina. *In: Primeira fase do XXXV Congresso de Iniciação Científica (CIC), XXXV, 2023, Araraquara. Anais[...]* São Paulo: UNESP, 2023, p. 1.(Apresentação de pôster).

V) Rodrigues, G.V.; Lazzarini, A.B.; Netto, A. V. G.; Deflon, V. M.; Pereira, J. C.M. Evaluation of the Nitric Oxide on the Anticancer Activity of Vanillin-Derived Thiosemicarbazones. *In: 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ), Águas de Lindóia, 2024. Resumos[...]* Águas de Lindóia: SBQ, 2024. (Apresentação de pôster)..

VI) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. O Efeito do Óxido Nítrico na Síntese e Caracterização de Tiadiazóis Derivados de Tiossemicarbazonas da Vanilina. *In: Primeira fase do XXXVI*

Congresso de Iniciação Científica (CIC), XXXVI, 2041, Araraquara. **Anais[...]** São Paulo: UNESP, 2024, p. 1.(Apresentação de pôster).

VII) Rodrigues, G.V.; Rodrigues, V. H. V.; Morales, V. A. Para além das fórmulas: explorando o ensino sobre a produção de álcool em gel na perspectiva CTSA. *In: 54ª Semana da Química IQ/UNESP, Araraquara, 2024. Resumos[...]* Araraquara: UNESP, 2024. (Apresentação de pôster).

VIII) Rodrigues, G.V.; Rodrigues, V. H. V.; Morales, V. A. Para além das fórmulas: explorando o ensino sobre a produção de álcool em gel na perspectiva CTSA. *In: Desafios para pesquisa em rede na área de ensino de química (RIPEQ), Araraquara, 2024. Resumos[...]* Araraquara: UNESP, 2023. (Apresentação de pôster).

## **PREMIAÇÕES**

I) Rodrigues, G.V.; Pereira, J. C.M. **Efeito do óxido nítrico na atividade anticâncer da tiossemicarbazona: 1N-vanilina-4-N-(metil)- tiossemicarbazona.** *In: I Curso de Inverno em Biociências e Biotecnologia da FCFAr/UNESP, I, 2023, Araraquara - 1º lugar da apresentação de pôster.*

II) Rodrigues, G.V.; Rodrigues, V. H. V.; Morales, V. A. **Para além das fórmulas: explorando o ensino sobre a produção de álcool em gel na perspectiva CTSA.** *In: 54ª Semana da Química IQ/UNESP, Araraquara, 2024 - 2º lugar da apresentação de pôster.*

Dedico à memória do meu avô Pedro de Fátima Rodrigues, que sempre se orgulhou de mim mesmo não gostando da distância e agora me guia e me ilumina do céu.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao instituto de Química da UNESP por proporcionar uma formação acadêmica única e excepcional e a todos os funcionários pelo apoio durante toda a minha graduação.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Vagner Antonio Moralles, por toda orientação desde o primeiro ano de graduação, os ensinamentos, a amizade e as inúmeras canetadas que extraíram o melhor de mim.

Ao meus pais, Paulo Eduardo Rodrigues e Joseli Aparecida Ribeiro da Silva Rodrigues, pelo apoio, incentivo, e amor incondicional durante toda a minha vida.

À minha família, em especial aos meus primos Keven e Aline, que são os melhores irmãos que eu poderia ter, sempre me defendendo e me apoiando.

Aos meus amigos de graduação que enfrentaram essa jornada comigo em especial, Bruno, Lara, Yuri, Joseane, Vitor, Melissa, Pietra e Ana, que tornaram os meus dias mais fáceis e engraçados.

Aos meus veteranos e gymbros, Leonardo e Vitor, por me ouvirem reclamar sempre que necessário e sempre estarem presentes para me ajudar quando falhava nos exercícios e na vida.

À Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ), pelos ensinamentos e oportunidade.

*“ Eu costumava pensar que a corrida era sobre ser o melhor. Agora, eu percebo que é sobre o que posso fazer pelos outros.”*

*- Relâmpago McQueen*



## RESUMO

A abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente é uma das possíveis alternativas para melhorar a apropriação dos conteúdos científicos, frente às dificuldades ocasionadas por um ensino de ciência tradicional focado, essencialmente, na memorização. A proposta é formar um aluno crítico com a capacidade de articular conteúdos científicos e tecnológicos para discutir e exercer sua cidadania frente às demandas ambientais e sociais. No entanto, uma das dificuldades para a implementação é a escassez de materiais com a abordagem metodológica Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente para o ensino superior. Assim, o trabalho propõe uma sequência didática articulada com a elaboração de um caso e um roteiro investigativo relacionados aos conceitos sobre a tecnologia do álcool em gel, para serem implementados durante a formação inicial de professores. A análise foi desenvolvida com base nos referenciais teóricos, utilizando-se dos critérios da proposta Herreid (1998) para um bom caso investigativo e os critérios para um bom problema e graus de liberdade intelectual proposto por Carvalho (2018). A sequência didática foi centrada na abordagem metodológica da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. O caso investigativo elaborado apresentando todas as características de um bom caso e um bom problema, determinando seu grau de liberdade como três. Enquanto o roteiro investigativo, também apresentou seu grau de liberdade como três e todas as características de um bom problema.

Palavras-chave: Caso investigativo. Roteiro Investigativo. Álcool em gel. Sequência Didática. CTSA.

## **ABSTRACT**

The Science, Technology, Society, and Environment (STSE) approach is one of the potential alternatives to enhance the understanding of scientific content, especially in light of the challenges posed by traditional science education, which focuses primarily on memorization. The aim is to develop critical students who are capable of integrating scientific and technological knowledge to discuss and exercise their citizenship in response to environmental and social demands. However, one of the challenges for implementation is the scarcity of materials with the STSE methodological approach for higher education. This work, therefore, proposes a didactic sequence combined with the development of a case study and an investigative guide related to concepts about the technology of hand sanitizer, to be implemented in the initial teacher training phase. The analysis was conducted based on theoretical frameworks, utilizing Herreid's (1998) criteria for a quality case study, as well as the criteria for a good problem and degrees of intellectual freedom proposed by Carvalho (2018). The didactic sequence was centered on the Science, Technology, Society, and Environment methodological approach. The developed case study met all the characteristics of a quality case and problem, establishing a degree of freedom of three. Likewise, the investigative guide also showed a degree of freedom of three and met all characteristics of a quality problem.

*Keywords:* Investigative Case, Investigative Guide, Gel Alcohol, CTSA

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Grupo funcional de um álcool.....                                                                | 18 |
| <b>Figura 2.</b> Derivados hidroxilados dos alcanos ou Derivados alquílicos da água.....                          | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Graus de substituição do carbono alfa ( $\alpha$ ).....                                          | 19 |
| <b>Figura 4.</b> Estrutura do metanol e colesterol.....                                                           | 19 |
| <b>Figura 5.</b> Semelhança entre a estrutura da água e do metanol.....                                           | 20 |
| <b>Figura 6.</b> Semelhança entre a estrutura da água e do metanol.....                                           | 21 |
| <b>Figura 7.</b> Formação de ligações de hidrogênio em álcoois concentrados e diluídos.....                       | 21 |
| <b>Figura 8.</b> Solubilidade de álcoois relacionadas a sua estrutura.....                                        | 22 |
| <b>Figura 9.</b> Algumas conexões de síntese para álcoois.....                                                    | 23 |
| <b>Figura 10.</b> Formação da base conjugada íon alcóxido em água.....                                            | 24 |
| <b>Figura 11.</b> Forças de acidez em relação a estabilidade da carga na base conjugada.....                      | 25 |
| <b>Figura 12.</b> Aumento da acidez de álcoois em solução.....                                                    | 26 |
| <b>Figura 13.</b> Estrutura dos álcoois em relação ao meio que se encontram.....                                  | 26 |
| <b>Figura 14.</b> Estrutura molecular do etanol.....                                                              | 27 |
| <b>Figura 15.</b> Representação Interações intermoleculares de uma proteína antes e depois da ação do etanol..... | 33 |
| <b>Figura 16.</b> a) uma bicamada fosfolipídica e b) de modificação estrutural na presença de etanol.....         | 34 |
| <b>Figura 17.</b> Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e aluno.....                                       | 38 |
| <b>Figura 18.</b> Sequência de etapas para implementação de matérias CTSA.....                                    | 43 |
| <b>Figura 19.</b> Ilustração entre aprendizagens.....                                                             | 50 |
| <b>Figura 20.</b> Aspectos do conhecimento científico.....                                                        | 52 |
| <b>Figura 21.</b> Tipos de Experimentação.....                                                                    | 56 |
| <b>Figura 22.</b> Extremos dos Graus de Liberdade Intelectual.....                                                | 60 |
| <b>Figura 23.</b> Características de um bom caso investigativo.....                                               | 65 |
| <b>Figura 24.</b> Diagrama da sequência de inserção das características para escrever um caso.....                | 72 |
| <b>Figura 25.</b> Sequência das atividades da SD proposta.....                                                    | 74 |
| <b>Figura 26.</b> Sequência das aulas da SD de acordo com as etapas do método CTSA.....                           | 76 |
| <b>Figura 27.</b> Características “contar uma história” para um bom CI.....                                       | 85 |
| <b>Figura 28.</b> Características “despertar o interesse” para um bom CI.....                                     | 86 |
| <b>Figura 29.</b> Características “ser atual” para um bom CI.....                                                 | 87 |
| <b>Figura 30.</b> Características “criar empatia com os personagens” para um bom CI.....                          | 88 |
| <b>Figura 31.</b> Características “incluir citações” para um bom CI.....                                          | 89 |
| <b>Figura 32.</b> Características “ser relevante ao leitor” para um bom CI.....                                   | 90 |
| <b>Figura 33.</b> Características “ter utilidade pedagógica” para um bom CI.....                                  | 91 |
| <b>Figura 34.</b> Características “provocar conflito” para um bom CI.....                                         | 92 |
| <b>Figura 35.</b> Características “forçar uma tomada de decisão” para um bom CI.....                              | 93 |
| <b>Figura 36.</b> Características “ser passível de generalizações” para um bom CI.....                            | 94 |
| <b>Figura 37.</b> Características “ser curto” para um bom CI.....                                                 | 96 |
| <b>Figura 38.</b> Histograma das características para um bom CI.....                                              | 97 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 1.</b> Descrição das características categorizadas como narrativas.....                                    | 42  |
| <b>Quadro 2.</b> Diferenças entre aspectos do Ensino Tradicional e o Ensino CTSA.....                                | 43  |
| <b>Quadro 3.</b> Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.....                   | 65  |
| <b>Quadro 4.</b> Descrição das características categorizadas como narrativas.....                                    | 70  |
| <b>Quadro 5.</b> Descrição das características categorizadas como pedagógicas.....                                   | 71  |
| <b>Quadro 6.</b> Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades de resolução de problemas..<br>..... | 74  |
| <b>Quadro 7.</b> Objetivos de aprendizagem da SD proposta.....                                                       | 79  |
| <b>Quadro 8.</b> Texto elaborado para o Caso Investigativo.....                                                      | 82  |
| <b>Quadro 9.</b> Texto elaborado para o Roteiro Investigativo.....                                                   | 105 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Propriedades físicas do etanol.....                               | 33 |
| <b>Tabela 2.</b> Quantidade de cada componente para produção de álcool em gel..... | 34 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP = Aprendizagem baseada em problemas  
Anvisa = Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
CDC = *Centers for Disease Control and Prevention*  
CI = Caso Investigativo  
CTS = Ciência, Tecnologia e Sociedade  
CTSA = Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente  
CFQ = Conselho Federal de Química  
COVID-19 = *Coronavirus Disease 2019*  
DC = Desenvolvimento científico  
DE = Desenvolvimento econômico  
DS= Desenvolvimento social  
DT= Desenvolvimento tecnológico (DT)  
EC = Estudo de Caso  
IC = Iniciação científica  
NC= Natureza da Ciência (NC)  
PCN= Parâmetro curricular nacional  
PBL = *Problem Based Learning*  
PNLD = Programa Nacional do Livro Didático  
OMS = Organização Mundial da Saúde  
SARCOVS = *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*  
SCIELO = *Scientific Electronic Library Online*  
SEI = Sequência de Ensino por Investigação  
Senai = Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
SD = Sequência Didática  
SNC = sistema nervoso central  
TCC = Trabalho de conclusão de Curso

## SUMÁRIO

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                          | <b>15</b>  |
| <b>2. APORTE TEÓRICO.....</b>                                                                     | <b>17</b>  |
| 2.1 A química do álcool em gel.....                                                               | 17         |
| 2.1.1 <i>A função orgânica álcool e suas propriedades.....</i>                                    | <i>17</i>  |
| 2.1.2 <i>Etanol: propriedades e aplicações.....</i>                                               | <i>26</i>  |
| 2.1.3 <i>O uso do álcool etílico com finalidade antisséptica.....</i>                             | <i>31</i>  |
| 2.2 A abordagem metodológica Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)....                 | 35         |
| 2.2.1 <i>O movimento CTS.....</i>                                                                 | <i>35</i>  |
| 2.2.2 <i>A metodologia CTSA.....</i>                                                              | <i>37</i>  |
| 2.2.3 <i>Sequência didática e a perspectiva CTSA.....</i>                                         | <i>41</i>  |
| <b>3 OBJETIVOS.....</b>                                                                           | <b>45</b>  |
| 3.1. Objetivo Geral.....                                                                          | 45         |
| 3.2. Objetivos Específicos.....                                                                   | 45         |
| <b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>                                                         | <b>45</b>  |
| 4.1 Desenho da proposta.....                                                                      | 45         |
| 4.2 Experimentação.....                                                                           | 47         |
| 4.2.1 <i>A experimentação no desenvolvimento da ciência.....</i>                                  | <i>47</i>  |
| 4.2.2 <i>A experimentação no ensino de ciência.....</i>                                           | <i>49</i>  |
| 4.2.3 <i>A experimentação como estratégia didática.....</i>                                       | <i>54</i>  |
| 4.3 Caso Investigativo.....                                                                       | 62         |
| 4.3.1 <i>Fundamentos e desenvolvimento da Estratégia didática: Caso Investigativo....</i>         | <i>62</i>  |
| 4.3.2 <i>Explorando características de um bom CIs e seu uso como atividade investigativa.....</i> | <i>65</i>  |
| 4.3.3 <i>Elaboração de Casos Investigativos.....</i>                                              | <i>70</i>  |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                              | <b>73</b>  |
| 5.1 Sequência CTSA.....                                                                           | 73         |
| 5.2 Caso investigativo “O gel da confusão: entre receitas e proteção”.....                        | 77         |
| 5.3 Roteiro investigativo para produção de álcool em gel.....                                     | 99         |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                               | <b>106</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS.....</b>                                                                         | <b>108</b> |

## MEMORIAL ACADÊMICO

Desde antes do momento do nascimento, o aglomerado de células que origina um feto está em um processo de aprendizagem, aprendendo suas funções vitais para dar a vida a um sistema autônomo e funcional. A partir do nascimento o ser humano é bombardeado por informações que chegam até ele, por meio dos seus cinco sentidos primitivos, que ao serem organizadas em uma rede complexa de informações permitem ao *Ser* obter as duas principais competências humanas, a fala, e vagar com as próprias pernas.

Essas duas habilidades são de nossa natureza e obtidas nos estágios iniciais da vida, dificultando uma análise própria do processo de aprendizagem das mesmas. O primeiro processo de aprendizagem ao qual me recordo ocorreu na primeira série do ensino infantil, o qual a mim foi apresentado o alfabeto. Esse foi um momento importante da minha vida, pois foi quando me disseram que todos aqueles símbolos recorrentes em meu dia a dia estavam ali para exercer uma função, além de só fazerem sentido quando organizados da maneira correta e que os mesmos poderiam expressar qualquer sentimento ou informação pertinente a quem os organizou.

Inconscientemente, a partir daquela aula, meu subconsciente armazenou a informação de que tudo na vida quando organizado da maneira correta pode levar a um propósito maior. Desde então, todas as decisões da minha vida e as aprendizagens que obtive foram em busca de encontrar e desenvolver um propósito que expressasse meus sentimentos.

Na trajetória para encontrar um propósito em minha vida, passei por diferentes tipos de processos de aprendizados, que continham objetivos totalmente diferentes. Minha primeira decisão que mudou a direção normal de um jovem do ensino médio, foi escolher realizar um ensino técnico na escola Senai (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), com esse curso fui capacitado a trabalhar em uma multinacional como a *VOLVO*; no entanto, por ter que terminar o ensino médio no período noturno me afastei totalmente da aprendizagem regular como as matérias bases das exatas (química, física e matemática).

Afastado de um ensino de qualidade percebi que um curso técnico me prepara apenas para ser uma mão de obra barata, o que não me agradou. Com isso, resolvi ir para área de aprendizagem agrônoma por forte influência da região em que morava e por muitos parentes trabalhando com isso. Mesmo me identificando muito com área, percebi que para ter uma atuação efetiva que valia a pena era necessário influência, pois, todos engenheiros agrônomos que me deparei nessa trajetória eram donos ou filhos dos donos.

No entanto, na minha passagem pelos cursos de agronomia que frequentei me deparei absurdamente com a química e sua importância, desde os elementos químicos que deveriam ter em solo adequado até os testes de qualidade dos produtos finais em grandes Usinas. Foi durante o decorrer desses cursos que a química me chamou a atenção e curiosidade, de modo a ter feito todo esse processo valer a pena.

Encontrando uma área que eu possuía grande curiosidade e amor, ingressei no curso de licenciatura em química da Unesp (Universidade Estadual Paulista). Dentro da universidade, encontrei um mundo novo, cheio de dificuldades, matérias muito difíceis e o peso de mudar para uma cidade sozinho, mas ao mesmo tempo um mundo cheio de oportunidades e desafios, o que se tornou meu mundo.

Dentro do curso me apaixonei pela área da inorgânica, na qual desenvolvi minha IC (Iniciação Científica), desde do primeiro ano de graduação. Mesmo atuando na área de química dura sempre sofri influências de excelentes professores da área de ensino de química, sendo o Prof. Dr. Vagner Antonio Moralles um dos principais, pois me acompanhou e orientou de forma indireta ao decorrer da graduação, o que foi uma felicitação, quando aceitou meu convite para me orientar no último passo dessa trajetória, o TCC (Trabalho de Conclusão de Curso).

Considerando toda a história para chegar até aqui, optamos em desenvolver uma pesquisa com o intuito de *design* de uma sequência didática sobre o álcool em gel. Com o tema decidido, optou-se pela metodologia CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiental).

Portanto, como o objetivo inicial foi desenvolver materiais didáticos sobre os conceitos associados à produção e utilização de álcool gel, fundamentada na metodologia CTSA.

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos com enfoque na abordagem metodológica Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) são uma das principais alternativas para se desenvolver uma pesquisa que trabalhe conteúdos de relevância social, com potencialidade de realizar correlações entre as interfaces ciência, tecnologia e sociedade. Ao se trabalhar com o CTSA cria-se uma necessidade que o indivíduo faça correlações, favorecendo o desenvolvimento do seu pensamento crítico e reflexivo, os tornando capazes de tomarem decisões e exercerem a cidadania (Santos; Schnetzler, 2010; Pinheiro; Mattos; Silveira, 2022).

Pinheiro, Mattos e Silveira (2022) desenvolveram uma revisão sistemática sobre a CTSA, realizada na base de dados *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, que utilizou os descritores: “educação CTSA”, “educação CTS”, “CTS” e “CTSA”. A janela temporal definida foi de 2016 à 2020, tendo como foco periódicos em português. Os autores encontraram como limitações para a abordagem metodológica, a falta de domínio e destreza docente para lidar com o método e uma lacuna relacionada à utilização da CTSA dentro das disciplinas tecnológicas de cursos de ensino superior. Uma das possíveis explicações para a lacuna é a escassez de materiais de ensino CTSA prontos para serem adaptados, dessa forma, dificultando sua implementação (Marcondes, 2020).

Sendo assim, o problema de pesquisa se estruturou na denúncia apresentada por Marcondes (2020) que destaca a falta de materiais CTSA prontos para serem utilizados em cursos de formação inicial de professores. Nesse contexto, este trabalho objetivou a produção e a avaliação de materiais fundamentados na metodologia CTSA, com a temática do álcool gel. A proposta não foi criar materiais prontos e acabados para que o professor aplique acriticamente em sala de aula, mas sim desenvolver ideias e perspectivas que auxiliem o professor a construir seu planejamento de ensino adaptando os materiais pré-produzidos para sua realidade objetiva de sala de aula. A ideia central foi viabilizar a utilização da metodologia, poupando tempo de planejamento do professor.

Para compreender a natureza dos materiais didáticos produzidos é necessário uma breve perspectiva do principal método para intervenção de uma sequência didática CTSA. Esse método é proposto por Aikenhead (1990), o qual estabelece cinco principais passos: *I)* introduzido uma questão social relevante; *II)* trabalhar com a análise de uma tecnologia relacionada ao tema social; *III)* o conteúdo científico é definido em função dos dois passos

anteriores; *IV*) a tecnologia é estudada novamente em relação ao conteúdo científico apresentado; por fim, *V*) o último passo remete a questão social original com uma tomada de decisão frente a problemática enfrentada.

A primeira etapa consiste na introdução de uma questão social relevante, no caso desta pesquisa é a disseminação de *fake news*, por meio de receitas caseiras na produção de álcool em gel, que durante certos períodos pode ser considerado um grave problema de crise no sistema de saúde pública. A problemática se desenvolveu devido a boatos que surgiram da falta de informação ou questões ideológicas, que levam a sociedade a um estado de ignorância perigosa, provocado pela descredibilidade da ciência (Ribeiro; Amorim; Lopes, 2022).

Para a introdução dessa questão social optou-se pela implementação da estratégia didática caso investigativo, devido a sua potencialidade de proporcionar ao aluno uma aprendizagem ativa e autodirigida, por meio de investigações reais ou simuladas. Além disso, a utilização dessa estratégia se enquadra perfeitamente com a metodologia CTSA, já que para resolução do caso os alunos são forçados a tomarem uma decisão, fundamentados em aspectos científicos, tecnológicos e sociais (Santos; Schnetzler, 2010; Sá; Queiroz, 2010).

Dessa forma, com a utilização do caso investigativo contemplam-se as etapas 1 e 2 do método proposto por Aikenhead (1990), que são respectivamente a introdução da questão social e a tecnologia associada a ela, o álcool em gel. Com a implementação de um roteiro experimental investigativo e o estudo de um texto base, para resolução de questões posteriores à prática, se atinge os conteúdos científicos propostos. É possível, também, que os alunos retornem a observar a tecnologia de maneira mais específica, como esperado na quarta etapa. Por fim, a última atividade a ser realizada é a resolução do caso investigativo. Dessa maneira, contemplando, o último passo da abordagem CTSA que retorna a questão social original com uma solução para o problema proposto (Santos; Schnetzler, 2010).

Portanto, o desenvolvimento dessa pesquisa é de grande importância para área, devido à potencialidade associada à utilização de múltiplas estratégias didáticas associadas à metodologia CTSA. Além de seu desenvolvimento ser justificado pelo preenchimento das duas principais lacunas encontradas na literatura, a primeira com a implementação dessa metodologia em um curso de ensino superior, e por fim, a produção de matérias CTSA que estão escassas.

## **2. APORTE TEÓRICO**

### **2.1 A química do álcool em gel**

Para compreender os aspectos científicos acerca da tecnologia do álcool em gel, envolvido na sequência CTSA proposta, é necessário se aprofundar em alguns tópicos importantes, como: a função orgânica classificada como álcool; as principais propriedades do etanol e suas aplicações; e os aspectos bioquímicos que permite a utilização do etanol para fins antissépticos.

#### **2.1.1 A função orgânica álcool e suas propriedades**

Um hidrocarboneto é definido como uma substância ou composto orgânico formado por apenas átomos de carbono e hidrogênio, esses que podem se ligar de forma a constituir uma cadeia alifática (aberta) ou cíclica (fechada), por meio de ligações saturadas (com a quantidade máxima permitida de número de hidrogênios) ou insaturadas. Os átomos de elemento químico diferente de carbono e hidrogênio presente nesses compostos, são denominados como heteroátomos, e os mais comuns são oxigênio, nitrogênio e enxofre (Atkins; Jones; Laverman 2018).

Uma função orgânica é formada quando um heteroátomo é adicionado a um hidrocarboneto originando um grupo funcional, que confere à estrutura diferentes propriedades físicas e químicas quando comparada ao hidrocarboneto de base. Assim, a estrutura de compostos orgânicos que possuem um heteroátomo, são constituídas predominantemente por um esqueleto de carbono e hidrogênio ligado por ligações simples, dupla ou triplas, e um átomo de um elemento diferente que cria um centro reativo (Vollhardt; Schore, 2014).

A partir dessa estrutura fundamental uma variedade de compostos orgânicos é formada, o que torna a sua identificação por memorização impossível, originando uma necessidade mais simples e eficaz para identificar e nomear substâncias orgânicas. O sistema para dar nome a essas substâncias é denominado de nomenclatura, identificando o nome de cada composto orgânico por quatro etapas principais, que podem ser acrescidas das especificidades de cada função orgânica, sendo as regras principais: *I)* identificar e nomear a cadeia principal; *II)* identificar e nomear os substituintes; *III)* atribuir um localizador para cada substituinte; e *IV)* distribuir o nome do substituinte em ordem alfabética (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Um dos arranjos do heteroátomo oxigênio em hidrocarbonetos que ocorre naturalmente em grande número e resulta na formação de compostos orgânicos oxigenados, é denominado como álcool. O grupo funcional característico dos álcoois que é responsável por conferir reatividade semelhante para esse grupo de substâncias, é a hidroxila (-OH), essa que está ligado a um carbono saturado ( $sp^3$ ) da cadeia carbônica (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024). A representação desse grupo funcional é apresentada na Figura 1:

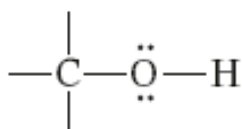


**Figura 1.** Grupo funcional de um álcool

**Fonte:** Solomons, Fryhle e Snyder (2024, p.67).

Estruturalmente, os álcoois podem ser visualizados de duas maneira, a primeira relacionada em uma perspectiva da sua relação com os alcanos, sendo considerado como um derivado hidroxilado dos alcanos, e a outra com sua relação com a água, sendo considerados derivados alquílicos da água, essas duas perspectivas são apresentadas na figura 2 (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024). De acordo com a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), os álcoois podem ser identificados por sua nomenclatura que possui o sufixo “ol”, que pode ser sistematizada seguindo as quatro etapas anteriores.

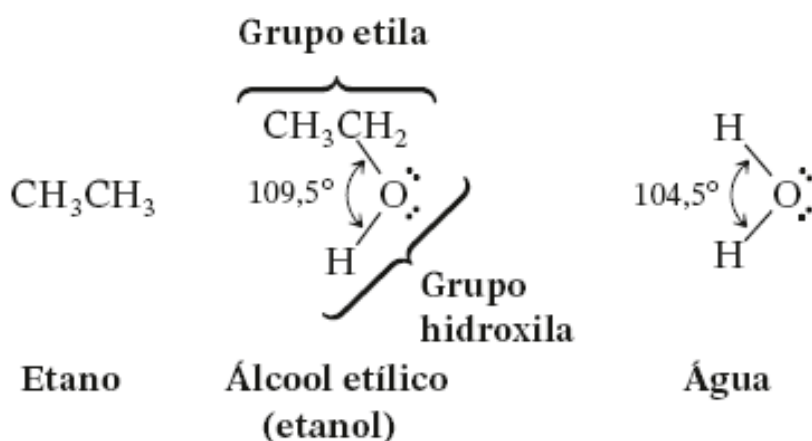


**Figura 2.** Derivados hidroxilados dos alcanos ou Derivados alquílicos da água

**Fonte:** Solomons, Fryhle e Snyder (2024, p.67).

Outra forma frequentemente utilizada para classificar o tipo de álcool é seu grau de substituição do carbono alfa ( $\alpha$ )<sup>1</sup> ligado ao grupo (-OH), com as classificações variando entre: *I) primário*: no qual o carbono ( $\alpha$ ) está ligado a apenas outro átomo de carbono; *II) secundário*: no qual o carbono ( $\alpha$ ) possui ligação com dois outros átomos de carbono; e *III) terciário*: quando o carbono alfa ( $\alpha$ ) possui ligação com três carbonos (Klein, 2017). A representação dessa classificação é apresentada na Figura 3:



**Figura 3.** Graus de substituição do carbono alfa ( $\alpha$ )

**Fonte:** Klein (2017, p. 301).

Como já mencionado o álcool é formado pela ligação entre carbono ( $\alpha$ ) saturado e uma hidroxila (-OH), no entanto, a cadeia adjacente que segue essa estrutura fundamental origina três tipos distintos de álcoois, sendo eles: *I) álcoois alílicos*: quando carbono ( $\alpha$ ) está ligado a um carbono insaturado com uma ligação dupla; *II) álcoois benzílicos*: quando carbono ( $\alpha$ ) está ligado a um carbono de um anel benzênico; *III) fenóis*: é um tipo especial de álcool, caracterizado pelo grupo funcional (-OH) ligado diretamente a um anel benzênico. Além desses três tipos distintos de álcoois, a complexidade dessas substâncias, como apresentadas na Figura 4, podem variar desde muito simples como o metanol, até muito complexas como colesterol (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024).

<sup>1</sup> O carbono alfa ( $\alpha$ ) é o carbono que está ligado diretamente ao grupo funcional de uma substância orgânica (Klein, 2017).

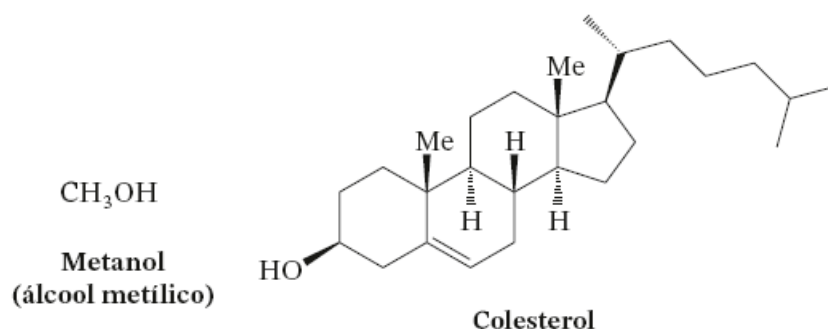


**Figura 4.** Estrutura do metanol e colesterol

**Fonte:** Adaptado de Solomons, Fryhle e Snyder (2024, p.509).

Contudo, as propriedades físicas dos álcoois estão totalmente relacionadas com o arranjo estrutural do grupo funcional hidroxila, com os ângulos de ligação se assemelhando aos de moléculas de água, caracterizados pelo efeito de repulsão dos elétrons e o aumento do volume dos substituintes no oxigênio central. Além disso, outra semelhança entre o álcool e a água é que o oxigênio de ambos possuem uma hibridização ( $sp^3$ ), assim, se organizando em uma geometria tetraédrica (Vollhardt; Schore, 2014). A semelhança entre essas duas substâncias fica evidente ao comparar a organização estrutural da água com a do álcool metanol, como apresentado na Figura 5:

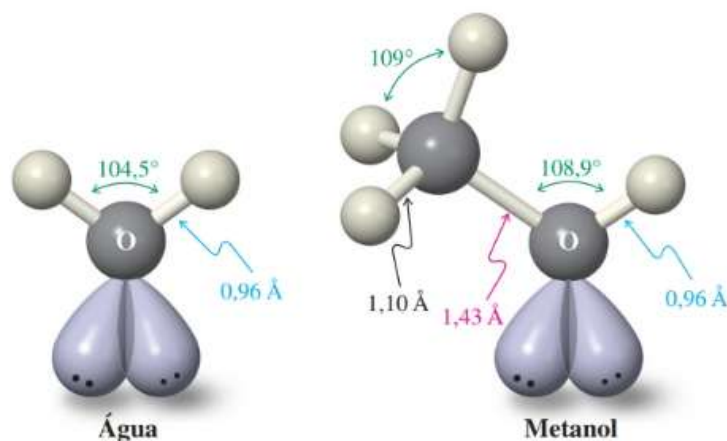


**Figura 5.** Semelhança entre a estrutura da água e do metanol

**Fonte:** Adaptado de Vollhardt e Schore (2014, p. 290).

De acordo com a Figura 5, os pares de elétrons livres de um álcool estão localizados em orbitais híbridos ( $sp^3$ ) não ligantes do átomo de oxigênio. Soma-se a isso a maior

eletronegatividade do oxigênio em relação ao carbono ( $\alpha$ ), ocorrendo uma divisão assimétrica de carga nas estruturas de álcoois. Esse tipo distribuição de carga promove um dipolo molecular na estrutura polarizando as ligações, como apresentado na Figura 6 (Vollhardt; Schore, 2014).

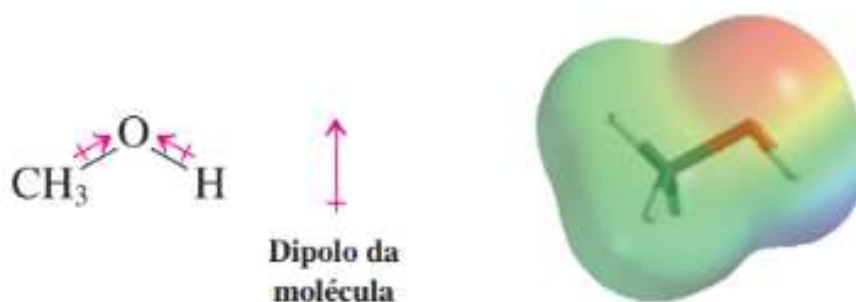


**Figura 6.** Semelhança entre a estrutura da água e do metanol

**Fonte:** Adaptado de Vollhardt e Schore (2014, p. 290).

Com o apresentado na figura 6, é possível identificar uma polarização nas ligações que levam a um polo com carga parcial negativa no oxigênio, e polos com cargas parciais positivas no carbono e no hidrogênio da hidroxila. Essa polarização na ligação (O-H) dos álcoois, é a responsável pelas formações de ligações de hidrogênio entre moléculas de álcool. A força dessa interação intermolecular é dependente da concentração do álcool, que quando concentrado apresenta uma quantidade razoavelmente alta de ligações de hidrogênio, enquanto quando diluído em um solvente que não realize esse tipo de interação, os efeitos da ligação de hidrogênios dos álcoois são mínimos (Klein, 2017). Essa diferença na formação de ligação de hidrogênio em álcoois concentrados e diluídos é apresentado na Figura 7:

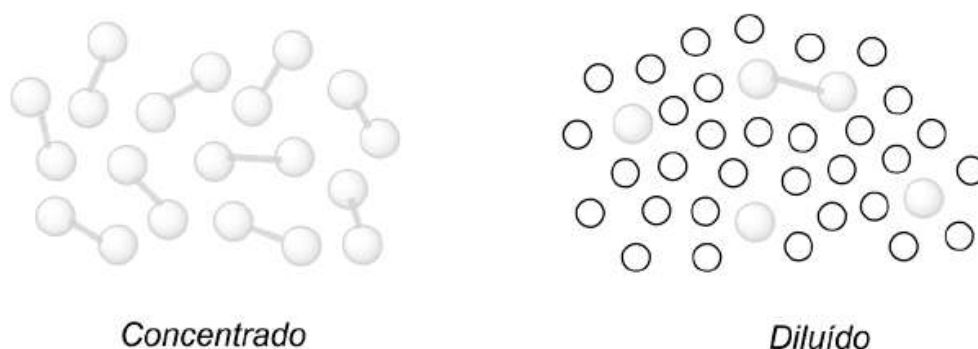


**Figura 7.** Formação de ligações de hidrogênio em álcoois concentrados e diluídos

**Fonte:** Klein (2017, p. 303).

Em decorrência dessa interação intermoleculares nos álcoois, o ponto de fusão dessas substâncias é mais elevado do que a de hidrocarbonetos com pesos moleculares semelhantes. Além disso, ao ser diluído em solventes capazes de realizarem ligações de hidrogênio essa interação intermolecular é intensificada, já que ambas moléculas da solução a realizam, aumentando dessa forma a solubilidade dos álcoois nesse tipo de solvente (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024).

No entanto, mesmo com a água sendo um solvente capaz de realizar ligações de hidrogênio com as moléculas de álcoois, a solubilidade desses varia desde álcoois miscíveis até aqueles que possuem baixa solubilidade em água. Esse fato é decorrente da divisão de carga assimétrica em moléculas de álcool, a qual gera na estrutura um lado apolar que não interage bem com a água e um lado polar que interage bem com a água. O lado apolar é denominado como região hidrofóbica constituída pela cadeia carbônica da estrutura, enquanto o lado polar é denominado como região hidrofílica que é constituída pela hidroxila da estrutura. Assim, a solubilidade de álcoois em água vai variar de acordo com essas duas regiões da estrutura como apresentado na Figura 8 (Klein, 2017).

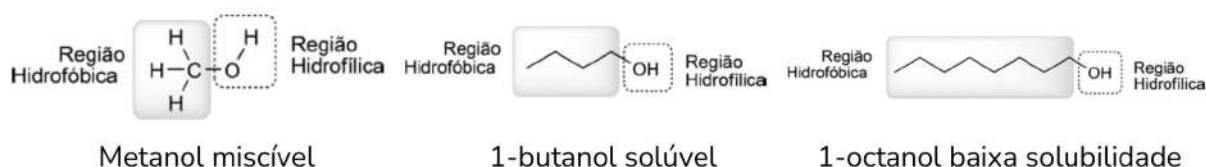


**Figura 8.** Solubilidade de álcoois relacionadas a sua estrutura

**Fonte:** Adaptado de Klein (2017, p. 303 - 304).

Com a Figura 8 acima, identifica-se que o tamanho da região hidrofóbica da estrutura de um álcool é determinante em sua solubilidade. Álcoois com essa região pequena, como o metanol, possuindo uma alta solubilidade, tornando-se miscíveis em água, ou seja, a solubilidade é realizada em todas as proporções. No entanto, percebe-se que com o aumento da cadeia carbônica, parte apolar do álcool, que estrutura essa região a solubilidade em água vai sendo afetada, como no 1-butanol que ainda é solúvel mas não mais miscível, já o 1-octanol com uma baixa solubilidade. De maneira geral, a regra para prever a solubilidade de um álcool em água é o número de carbono que forma a região hidrofóbica para cada hidroxila, com até cinco carbonos sendo solúvel, ou seja, a interação de hidrogênio é forte o bastante para que a molécula se solubilize mesmo apresentando uma parte apolar e mais que cinco a solubilidade será baixa, assim, a parte apolar da molécula é preponderante frente à interação de hidrogênio (Klein, 2017).

Como já discutido existe uma variedade de tipos de álcool, com isso também existe uma variedade de formas de serem sintetizados, dependendo do tipo de álcool desejado, sendo as principais: *I) substituições nucleofílicas*: normalmente realizados em halogenetos, no qual existe um grupo abandonador para entrada da hidroxila que configura-ra um álcool (Klein, 2016); *II) adição em alquenos*: ocorre pela hidratação de alquenos na qual hidroxila assume o lugar da ligação dupla (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024); *III) redução da carbonila*: com a utilização de um agente redutor como hidreto de sódio ( $\text{NaBH}_4$ ) ou o lítio alumínio hidreto ( $\text{LiAlH}_4$ ) é possível reduzir a carbonila em uma hidroxila; e por fim, *IV) reação de grignard*: com a utilização de um reagente de grignard ( $\text{RMg-X}$ ), no qual R corresponde a um grupo alquila ligado ao um magnésio e X um halogênio (cloro, bromo ou iodo), esse sendo capaz atacar carbonila para formação de álcoois (Klein, 2016). Um esquema das inúmeras vias de preparação de um álcool podem ser observados na Figura 9:

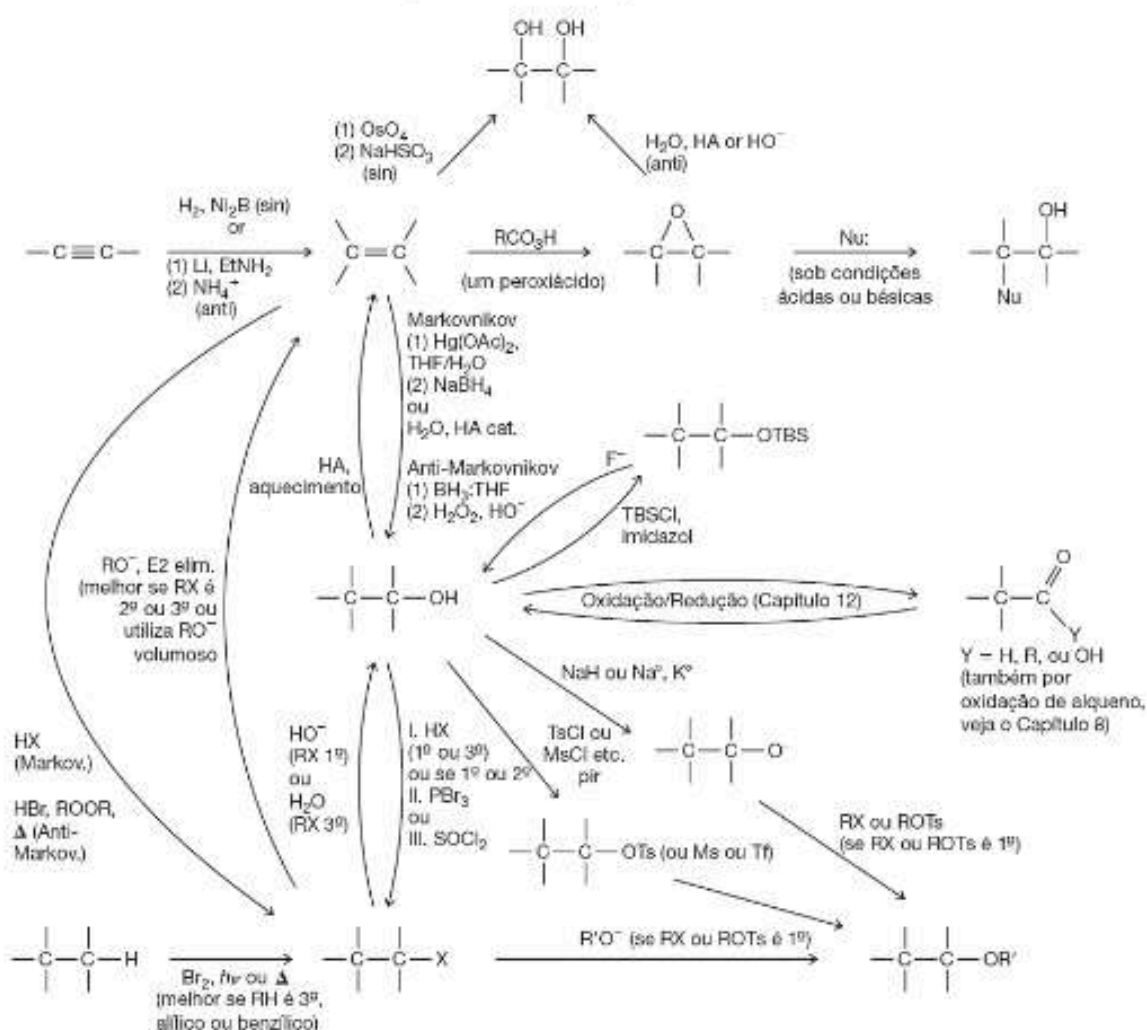


**Figura 9.** Algumas conexões de síntese para álcoois

**Fonte:** Solomons; Fryhle e Snyder (2024, p. 558).

Com o esquema da Figura 9 acima, além das principais rotas de sínteses para obtenção de um álcool, é possível identificar as principais reações que os álcoois participam. Essas reações estão relacionados principalmente por três aspectos de reatividade dos álcoois, sendo eles: *I*) o átomo de oxigênio do grupo hidroxila é um nucleófilo e fracamente básico; *II*) o átomo de hidrogênio do grupo hidroxila é fracamente ácido; e por fim, *III*) o grupo hidroxila pode ser convertido em um grupo de saída, assim permitindo reações de substituição e eliminação (Solomons; Fryhle; Snyder, 2024)

De acordo com as características reativas do álcool apontadas, é correto afirmar que essa classe de substâncias possuem a capacidade de agir como ácidos ou bases fracas. A

capacidade de atuar como um ácido está relacionada com a eletronegatividade do oxigênio da estrutura, que quando desprotonado é capaz de estabilizar a carga negativa na base conjugada chamada de íon alcóxido (Vollhardt; Schore, 2014). A formação dessa base pode ser observada na Figura 10:

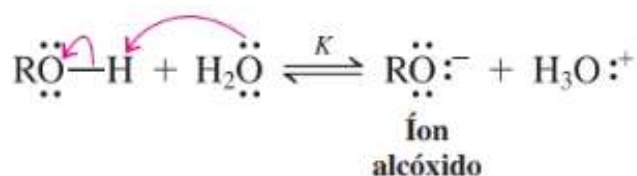


**Figura 10.** Formação da base conjugada íon alcóxido em água

**Fonte:** Vollhardt e Schore (2014, p. 292).

A força de acidez dos álcoois em um equilíbrio de uma solução aquosa é expressa pela constante de equilíbrio (K), ou também, com concentração da água constante pode se medir a força de acidez por meio da constante de dissociação ( $K_a$ ), assim quanto maior o  $K_a$  de um álcool maior é sua força de acidez. Uma forma usual de utilização para mensurar a força de um ácido é  $(-\log K_a)$ , também conhecida como a constante ( $pK_a$ ), que é inversamente proporcional à força de um ácido (Vollhardt; Schore, 2014). De maneira geral, a força de um ácido está relacionada com a capacidade da sua base conjugada estabilizar a carga negativa, assim, quanto mais estável for a base conjugada formada, mais forte é ácido (Klein, 2016). A comparação da força dos álcoois como ácidos com de outras substâncias como alcanos (R-H), aminas, haletos de hidrogênio (X-H), em relação a estabilidade da carga em suas respectivas bases conjugadas é apresentada na Figura 11:

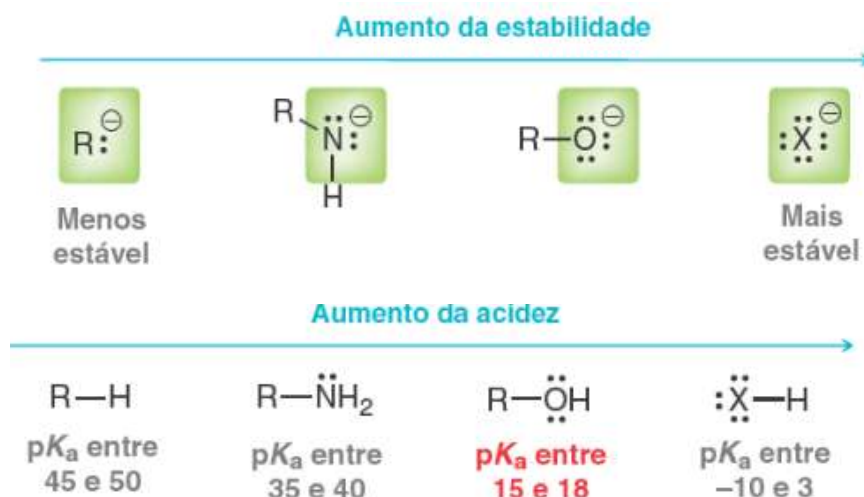


**Figura 11.** Forças de acidez em relação a estabilidade da carga na base conjugada.

**Fonte:** Adaptado de Klein (2016, p. 579).

Embora a base conjugada alcóxido seja igual para toda classe de álcoois, a força de acidez dentro dessa classe de substâncias pode variar na ordem de grandeza de quase um milhão de vezes (Vollhardt; Schore, 2014). Essa alto desvio observado dentro dessa classe é atribuído a três principais fatores que podem afetar a acidez dos álcoois, sendo eles: *I) ressonância*: quando um álcool possui uma insaturação na sua estrutura, ao se forma a base conjugada a carga é melhor estabilizada por meio da ressonância, essa que distribui a carga entre a insaturação da estrutura e o átomo de oxigênio; *II) indução*: quando a estrutura do álcool apresenta também um halogênio (X), que por serem eletronegativos possuem o efeito de retirada de carga da ligação com carbono (X-C), assim, quando se forma a base conjugada a presença desses halogênios colaboram com a estabilização da carga por conta do efeito indutivo da carga parcial positiva gerada na ligação (X-C); por fim, *III) efeitos de solvatação*: quanto menos substituído for um álcool menor é seu impedimento estérico, ou seja, quando a base conjugada for formada a sua solvatação ocorre de maneira mais eficiente, contribuindo para estabilização da carga (Klein, 2016). De maneira geral, a acidez dos álcoois varia de acordo com a Figura 12:

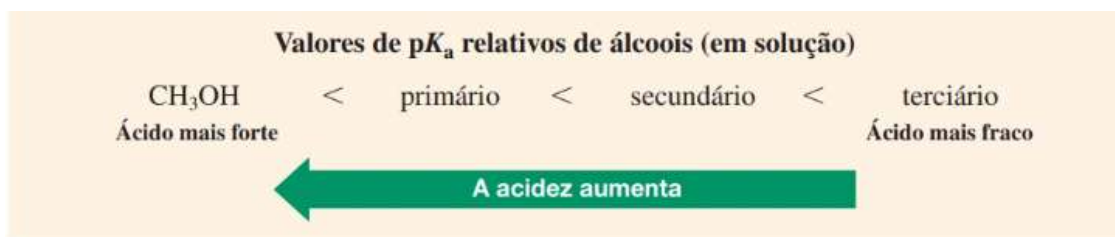


**Figura 12.** Aumento da acidez de álcoois em solução

**Fonte:** Vollhardt e Schore (2014, p. 293).

Contudo, de acordo com os aspectos de reatividade das hidroxilas de álcoois elas podem atuar como nucleofílico de uma base fraca, para isso é necessário a utilização de ácidos fortes capazes de protonar essa hidroxila para formação do ácido conjugado denominados de íons alquil-oxônio. Por conta dessa reatividade do grupo funcional hidroxila podendo atuar como um ácido ou uma base, os álcoois podem ser classificados como anfóteros. Dessa forma, a estrutura dos álcoois depende da reatividade do seu grupo funcional com meio em que ele se encontram, em meios neutros se mantêm como álcoois, em meios com ácidos fortes a hidroxila é protonada, com o álcool assumindo a estrutura do íon alquil-oxônio, e em meio com bases fortes a hidroxila é desprotonada assumindo a estrutura do íon alcóxido (Vollhardt; Schore, 2014). Essas diferentes estruturas podem ser apresentadas pela Figura 13:



**Figura 13.** Estrutura dos álcoois em relação ao meio que se encontram

**Fonte:** Vollhardt e Schore (2014, p. 295).

Portanto, com o que foi discutido, é possível identificar que a classe de substâncias denominadas como álcoois apresenta um grande número de espécies orgânicas, que podem ser sintetizadas por diversas rotas e apresentam reatividade semelhante sendo classificados como anfóteros. Por conta desses fatos, a essa categoria de substâncias está muito presente

reações e tecnologias importantes para o cotidiano da sociedade, sendo um dos principais o álcool denominado etanol, que será discutido mais profundamente na seção posterior.

### 2.1.2 Etanol: propriedades e aplicações

Como discutido anteriormente a classe de compostos orgânicos álcoois, possuem uma grande abundância de substâncias que ocorrem naturalmente, participando de vários processos biológicos importantes nos seres vivos. Além disso, em razão das suas características de reatividade, essa classe de substâncias apresenta grande versatilidade em processos industriais, sendo fundamentais como materiais de partida para sínteses de produtos comerciais valiosos indispensáveis para sociedade moderna (Vollhardt; Schore, 2014).

Na grande maioria das vezes quando se questiona sobre essa classe de substâncias no dia a dia, a primeira substância a que se remete é o álcool denominado etanol, ou usualmente chamado de álcool etílico. A estrutura molecular dessa substância pode ser caracterizada como a de um álcool simples, com sua fórmula estrutural sendo ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), apresentando assim uma cadeia carbônica com dois átomos de carbonos e a presença do grupo hidroxila característico (McMurry, 2016). A estrutura do etanol é apresentada na Figura 14:

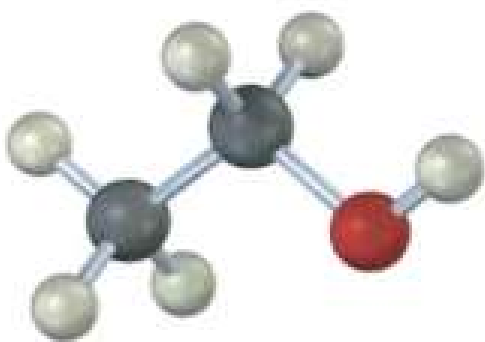


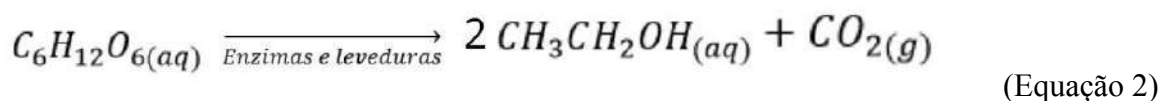
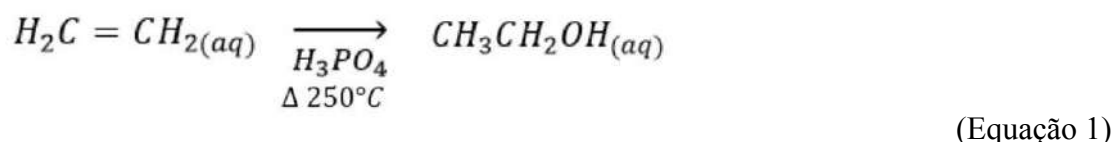
**Figura 14.** Estrutura molecular do etanol.

**Fonte:**McMurry (2016, p. 629).

Sua primeira produção, por meio da destilação, foi realizada no início do século *XVII*. O etanol foi um dos primeiros produtos químicos orgânicos a serem sintetizados e purificados. Atualmente, esse álcool é produzido em larga escala em todo o mundo, com aproximadamente 70 milhões de toneladas métricas produzidas por ano. O etanol possui três

principais utilidades na sociedade atual, sendo elas: *I)* solvente ou intermediário para uso industrial; *II)* produções de bebidas alcoólicas com finalidades recreativas; e por fim, o sua maior utilização *III)* empregado como combustível automotivo (McMurry, 2016).

Em vistas das três finalidades distintas da utilização do etanol pela sociedade moderna, é essencial entender as principais diferenças de produção desse álcool para cada aplicação. O etanol produzido para utilização industrial é sinterizado por meio da hidratação do etileno catalisado por ácido forte em alta temperatura, como apresentado pela Equação 1. A síntese do etanol para as finalidades de produção de bebidas alcoólicas e combustíveis automotivos, é realizada por meio da fermentação de cereais, frutos ou a cana-de-açúcar, ou seja, uma produção baseada na fermentação dos açúcares presentes nessas matérias primas, como apresentada pela Equação 2. (Klein, 2016; McMurry, 2016).



Contudo, devido ao etanol para uso recreativo ser classificado como uma substância depressora do sistema nervoso central (SNC) e sendo responsável por inúmeros acidentes automobilísticos fatais, ele é altamente tributado pela maioria dos governos. Assim, para evitar os impostos sobre o etanol, que não possui finalidade recreativa, normalmente se contaminasse os outros tipos com baixas concentrações de metanol, se tornando tóxico para o consumo humano, com essa mistura recebendo o nome de “álcool desnaturado” (Klein, 2016; McMurry, 2016).

Diante ao que foi discutido em relação a grupos funcionais, o etanol vai possuir reatividade semelhantes às mencionadas para classe de compostos orgânicos álcoois, decorrentes da hidroxila em sua estrutura. Dessa forma, o etanol pode ser caracterizado como uma substância anfótera capaz de estabelecer ligações hidrogênio, além da sua alta solubilidade em água em função da sua região hidrofílica, o etanol possui uma região hidrofóbica com apenas dois carbonos (Klein, 2016; Vollhardt; Schore, 2014). As principais propriedades físicas do etanol são apresentadas na Tabela 1:

**Tabela 1.** Propriedades físicas do etanol

| Nome          | Fórmula estrutural                 | Massa molecular (u) | Ponto de ebulição (°C) | Ponto de fusão (°C) | Solubilidade em água |
|---------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Etanol</b> | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH | 46                  | 78,5                   | -114,7              | Infinita             |

**Fonte:** Adaptado de Vollhardt e Schore (2014, p. 290).

Consciente do que é o etanol e suas principais propriedades, é importante enfatizar que esse produto não é comercializado com uma concentração pura, mas sim em sua forma hidratada. De acordo com o Conselho Federal de Química (CFQ), o álcool etílico pode ser encontrado em várias faixas de concentrações e em diferentes unidades de medidas, sendo três principais: *I) porcentagem (%)*: relacionada com a % de teor alcoólico em água, ou seja, o volume de etanol em determinado volume de água; *II) °GL (Gay-Lussac)*: também relacionado com o volume de etanol, ou seja, um álcool 95°GL possui 95% do volume de etanol; *III) ° INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas)*: relacionado a massa de etanol pela massa de água.

Contudo, álcool etílico comercial além de ser encontrado em solução também é encontrado em forma de gel, com esses dois produtos derivados do etanol apresentando diferenças. As principais diferenças dessas duas substâncias estão relacionadas com os componentes da sua mistura, enquanto uma forma uma solução a outra forma um sistema coloidal. Uma solução é caracterizada por dois principais componente, o soluto e um solvente que se misturam em nível molecular de maneira homogênea, apresentando as seguintes propriedades: *I) distribuições uniformes de partículas*; *II) componentes que não se separam por repouso ou filtração*; *III) podem ser separados em componentes puro* (Bettelheim; Brown; Campbell; Farrell, 2016; Junior; Varanda, 1999).

No entanto, um colóide é caracterizado como uma mistura heterogênea com uma fase dispersa que apresentam componentes coloidais, partículas que excedem o tamanho de 1 nm, e uma fase contínua que é o meio que envolve essas partículas e as mantém em suspensão, apresentando as seguintes propriedades: *I) espalhamento de luz* e *II) dispersões estáveis*; *III) partículas com elevado tamanho e área*; e *IV) sistemas com partículas de diferentes tamanhos*, com esse sistema sendo denominado de polidisperso (Bettelheim; Brown; Campbell; Farrell, 2016; Junior; Varanda, 1999).

Uma das interações entre as fases de um sistema coloidal, é quando as partículas constituintes da fase dispersa retêm os solventes da fase contínua, quando essa interação

ocorrendo de forma integral, imobilizando todas as partes do solvente e o enrijecendo, resulta na formação de um gel. As principais características decorrentes dessa interação que forma o coloide denominado como gel, é o aumento da viscosidade e a formação de redes de partículas enfileiradas, que podem possuir elasticidade e gelationsidade (Junior; Varanda, 1999).

De acordo com a Farmacopéia Brasileira, a formulação do álcool em gel também é composta por essa interação, a qual a fase contínua é constituída por uma solução aquosa de etanol e a fase dispersa por um agente espessante. A partícula recomendada como espessante na síntese do álcool em gel é um carbômero<sup>2</sup> denominado de Carbopol® 980, essa recomendação é decorrente a dois principais fatores que esse espessante apresenta frente a outros, sendo eles: *I) alta propriedade reológica*: mantém as propriedades iniciais de viscosidade, elasticidade e fluidez após sofrer pressão ao ser aplicado e *II) características organolépticas*: características que podem ser sentidas, cor, sabor, odor e textura (Brito; Aguiar; Silva; Amantes; Rodrigues; Merat; Tavares, 2020; Villanova; Oréfice; Cunha, 2010).

A formulação para produção de álcool em gel é estipulado de acordo com Farmacopeia Brasileira, essa orienta o seguinte procedimento: *I)* misturar álcool etílico e a água; *II)* dispersar o carpol® 980 sob agitação; *III)* completar o volume desejado com água qsp<sup>3</sup>; e por fim, *IV)* ajustar o pH entre 5,0 e 7,0 com solução alcoólica de trietanolamina (C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>NO<sub>3</sub>) 50% (massa/volume). As quantidades de cada reagente são apresentados no Tabela 2:

**Tabela 2.** Quantidade de cada componente para produção de álcool em gel.

| Componentes                           | Quantidade |
|---------------------------------------|------------|
| álcool etílico 96°GL                  | 75,73g     |
| carbômer 980                          | 0,5g       |
| solução de trietanolamina a 50% (p/v) | qs         |
| água purificada qsp                   | 100g       |

**Fonte:** Farmacopeia Brasileira (2012, p. 60).

<sup>2</sup> O carbômero é um polímero hidrofílico amplamente utilizado na indústria farmacêutica, que confere viscosidade e homogeneidade a geis e cremes (Villanova; Oréfice, 2010).

<sup>3</sup> qsp significa Quantidade que Se Precisa.

Em suma, é possível identificar as principais características do álcool etílico e sua versatilidade em relação às suas unidades de medidas, formas e métodos de produção. Além disso, ao explorar as principais aplicações na sociedade moderna fica claro que o etanol em sua forma líquida é uma tecnologia indispensável, contudo, após períodos de crises na saúde o álcool em gel assumiu um papel de relevância, esse que vai ser discutido na seção posterior ao se aprofundar na utilização do álcool etílico com finalidade antisséptica.

### **2.1.3 O uso do álcool etílico com finalidade antisséptica**

Na seção anterior, foram abordadas as principais utilizações comerciais do álcool etílico na sua forma de uma solução hidratada, com a sua formulação em gel limitada à utilização em setores da saúde até meados de 2020 (Sequinel; Lenz; Silva; Silva, 2020). Com a Organização Mundial da Saúde (OMS) instaurando um estado de pandemia em virtude da alta disseminação da SARS-CoV2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*)<sup>4</sup>, causadora da doença infecciosa COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*)<sup>5</sup>, o cenário do uso do álcool em gel é mudado, começando a abranger a população geral.

A principal via de transmissão dessa doença é por meio do espalhamento de gotículas de saliva ou secreções nasais emitidas no ato de espirro ou tosse, que instantaneamente espalham o vírus no local ou nas pessoas atingidas. Uma segunda via é a contaminação indireta, que é facilitada por dois principais fatores, as superfícies lisas nas quais o vírus é depositado e ambientes sem climatização adequada que mantêm o vírus suspenso no ar, contribuindo para que o vírus permaneça ativo por dias e possa infectar outras pessoas. As recomendações para evitar essas vias de contágio são o distanciamento social, a utilização de máscara, antissepsia das mãos e desinfecção de superfícies (Sequinel; Lenz; Silva; Silva, 2020).

A antissepsia pode ser denominada como o conjunto de ações com o objetivo de destruir ou inibir o crescimento de microrganismos nas camadas da pele e mucosas, por meio da utilização de agentes germicidas conhecidos como antissépticos. Assim, os principais usos desses agentes estão relacionados à área da saúde para o preparo da pele e higienização das mãos para procedimentos médicos (Santos; Verrotti; Sanmartin; Mesiano, 2002). De acordo com *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), a escolha de um bom antisséptico

---

<sup>4</sup> Tradução livre: Coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2.

<sup>5</sup> Tradução livre: Doença do Vírus Corona 2019.

deve considerar principalmente a segurança e a eficácia, além disso, outros fatores a serem considerados é o custo-benefício e a aceitação das propriedades como odor e praticidade pelos consumidores.

Normalmente, objetos e ambientes não são fontes de contaminação, no entanto como discutido, em períodos de altas infecções podem-se tornar uma das vias de transmissão de doenças. Nesse cenário a desinfecção se torna extremamente necessária, essa que pode ser denominada como o conjunto de ações que visam eliminar ou inativar microrganismos presentes em superfícies, objetos ou ambientes, por meio da utilização de agentes desinfetantes. Os desinfetantes são substâncias capazes de destruir a forma vegetativa de microrganismos, essa pode variar em três níveis de acordo com a velocidade e capacidade de cada agente desinfetante, sendo esses níveis: *I) nível baixo*: inativação da maioria bactérias, e alguns vírus e fungos, sem a inativação dos mais resistentes; *II) nível intermediário*: inativação de todas as bactérias e a maioria de vírus e fungos; *III) nível alto*: inativação todos os microrganismos (Santos; Verrotti; Sanmartin; Mesiano, 2002).

Com as duas últimas recomendações o álcool etílico ganha destaque por ser uma das únicas substâncias que possuem ação antissépticas e desinfetantes. Como agente antisséptico, a solução aquosa de álcool etílico 70% apresenta todos os fatores de um bom antisséptico prescritos pela CDC, sendo extremamente rápido e eficaz na inativação de microrganismos presentes na pele. Ademais, está entre os antissépticos mais seguros devido a sua baixa toxicidade, além de possuir um baixo custo e ser facilmente aplicado. O álcool etílico 70% comparado a outros agentes antissépticos comumente empregados, como a água e sabão, povidona-iodo degermante, clorexidina degermante, solução aquosa de PVP-I e clorexidina associada a álcool a 79%, apresenta uma maior eficiência na inativação de microrganismos, com sua única limitação sendo o combate de microorganismo em suas formas esporuladas. Além disso, esse álcool apresenta vantagens relacionadas à facilidade de aplicação e aceitação de profissionais da saúde (Santos; Verrotti; Sanmartin; Mesiano, 2002; Osler, 1995).

Como um agente desinfetante a solução aquosa de álcool etílico 70% é classificada no nível intermediário, ou seja, é capaz de inativar todas as bactérias e maioria dos vírus e fungos. Com suas vantagens estão relacionadas ao seu baixo custo, eficácia e segurança, no entanto, suas limitações estão relacionadas com sua rápida evaporação, a baixa eficiência em materiais porosos devido a baixa penetração e a danificação de materiais como borrachas e

acrílicos. Por esses fatores, a utilização do álcool etílico como desinfetante geralmente é restringida a ambientes cirúrgicos (Santos; Verrotti; Sanmartin; Mesiano, 2002).

A principal semelhança nas duas utilizações do álcool etílico, como agente antisséptico ou desinfetante, é seu grau de hidratação de 70% de teor alcoólico. Embora órgãos importantes como CDC e a OMS, indicando que soluções hidratadas de álcoois na faixa de 60% à 90% podem ser consideradas eficazes para assepsia das mãos e desinfecção de superfícies, a solução de 70% continua sendo a mais recomendada devido a sua eficácia comprovada. A concentração dessa solução recomenda é considerada ideal devido a sua atividade antimicrobiana, dado que soluções alcoólicas com concentrações inferiores a 50% e superiores a 70% apresentam uma diminuição na atividade antimicrobiana. Dessa forma, a proporção de 30% de água nessa solução desempenha um papel crucial, facilitando a entrada do álcool no microorganismos e acelerando o processo de desnaturação de proteínas, além de aumentar o tempo de contato com a pele ou superfície, decorrente do aumento do tempo de evaporação no ato de aplicação (Andrade; Beraldo; Watanabe; Oliveira; Ito, 2007; Ferreira; Rigolia; Silva; Espelera; Rocha, 2022).

De maneira geral, a atividade antimicrobiana do álcool etílico pode atuar de duas principais formas, sendo elas: *I) desnaturação das proteínas que compõem o microrganismo*: as proteínas presentes nos microrganismos podem ser entendidas como uma organização de sequência de aminoácidos, nas quais diferentes forças intermoleculares começam agir conforme a cadeia péptica se forma. Essas interações moldam uma proteína funcional e essencial para sobrevivência desses microrganismos. Assim, com a presença de uma solução alcoólica com o potencial de estabelecer ligações de hidrogênio, causa o rompimento das interações mais fracas que moldam essa proteína, levando ao seu desarranjo e perda de funcionalidade, inativando o microrganismo. Esse processo pode ser observado na Figura 15; *II) desnaturação da membrana do microrganismo*: a constituição da membrana de muitos microrganismos é resultante de uma bicamada fosfolipídica, assim, atividade antimicrobiana de uma solução alcoólica pode ser sobre essas biomoléculas que constituem a membrana, levando a sua desnaturação e inativação do microrganismo, como apresentado na Figura 16 (Lima; Almeida; Fonseca; Gonçalves, 2020).

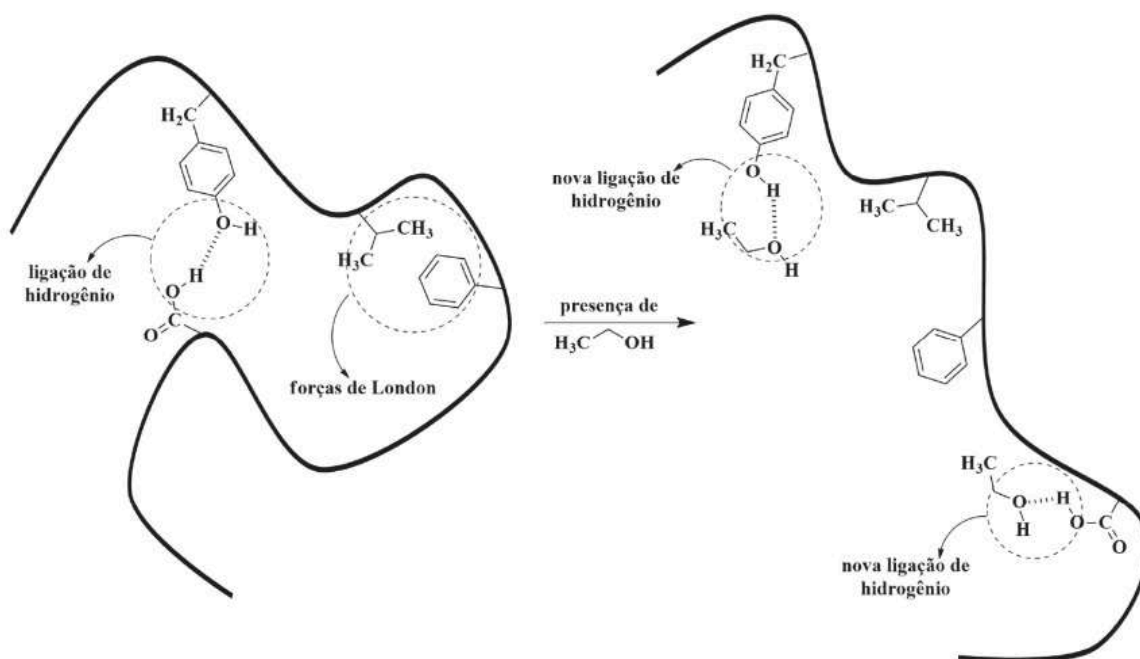


**Figura 15.** Representação Interações intermoleculares de uma proteína antes e depois da ação do etanol

**Fonte:** Lima, Almeida, Fonseca e Gonçalves (2020, p.672).

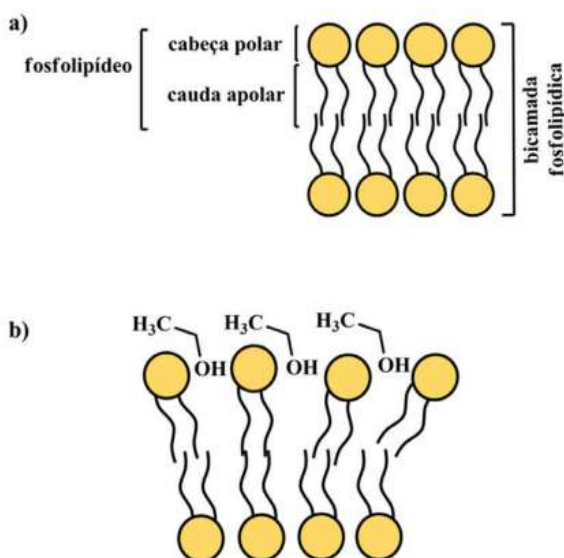


**Figura 16.** a) uma bicamada fosfolipídica e b) de modificação estrutural na presença de etanol

**Fonte:** Lima, Almeida, Fonseca e Gonçalves (2020, p. 672).

No entanto, em relação às diferenças na utilização do álcool etílico para fins antissépticos e desinfetantes, está totalmente relacionada com a sua formulação líquida ou em gel. As propriedades organolépticas de textura dessas duas formulações é a principal que

influencia na escolha de seu uso, com o álcool líquido possuindo maior fluidez e rápida evaporação é preferencialmente utilizado como agente desinfetante, além de ser inflamável quando exposto a fontes de calor. Por outro lado, o álcool etílico em sua formulação de gel possui uma maior viscosidade e devido a presença de emolientes evitam o ressecamento e irritabilidade da pele, além disso essa característica retarda sua evaporação aumentando o tempo de contato e a sua atividade antimicrobiana, por essas razões sendo frequentemente utilizado para fins antissépticos (Lima; Almeida; Fonseca; Gonçalves, 2020; Santos; Verrotti; Sanmartin; Mesiano, 2002).

Em razão dessas características antissépticas e desinfetantes do álcool etílico, estabeleceu-se como uma das principais formas para diminuição da transmissão do vírus durante a pandemia da *COVID-19*. Por esse motivo a demanda deste produto aumentou drasticamente, levando a um considerável aumento e até mesmo a falta da mercadoria para comercialização, levando a uma crise de inúmeras produções clandestinas que não seguiam uma formulação adequada, ocasionado comercialização de um produto inadequado para o combate de microrganismo. Em decorrência a essa situação a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), lançou uma publicação de título “Orientações Gerais para a Produção de Formulações Antissépticas”, com finalidade de orientar e estabelecer critérios estabelecidos na nas diretrizes do Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira, para uma produção adequada de antissépticos alcoólicos (Ferreira; Rigolia; Silva; Espelera; Rocha, 2022).

Portanto, o álcool etílico em suas duas formulações possui uma excelente atividade antimicrobiana, seja como agente antisséptico e desinfetante. Com sua utilização para essa finalidade se mostrando de grande importância durante períodos de alta disseminação de doenças, como na pandemia de *COVID-19*. Contudo, é importante ressaltar que para uma boa eficiência é necessário que o álcool etílico em solução líquida ou em gel estejam na concentração de 70%, e que para atingir essa formulação ideal que torna essa substância eficaz para essas finalidade é necessário orientação de diretrizes pré-estabelecidas.

## **2.2 A abordagem metodológica Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**

### **2.2.1 O movimento CTS**

O movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) emerge frente ao sentimento de descontentamento pelo modelo linear de progresso, em que o Desenvolvimento Científico

(DC) automaticamente gera o Desenvolvimento Tecnológico (DT). Esse, por sua vez, origina o Desenvolvimento Econômico (DE), que determina o bem-estar social ou Desenvolvimento Social (DS). No entanto, os acontecimentos do século XX, como a euforia gerada pelo avanço científico e tecnológico vinculados à guerra e a degradação ambiental, mostrou a fragilidade desse modelo (Auler; Bazzo, 2001; Luján; González; Cerezo, 1996).

Assim, os pilares Ciência e Tecnologia (CT) se tornaram objeto de debate político, passando a serem observados mais criticamente. Com esse novo olhar foram identificados uma série de consequências negativas da CT para a sociedade, ocasionando na dissociação da ideia central do método linear, que quanto maior for o desenvolvimento científico e tecnológico, maior será a resolução de problemas ambientais, econômicos e o bem-estar social. Além disso, conseqüentemente surge um movimento de redirecionamento de mentalidade sobre o papel da CT, determinando que a sociedade também deveria exercer influência nas atividades científicas-tecnológicas. Essa nova mentalidade rompe com o modelo tradicional e abre espaço para um novo modelo, o CTS (Luján; González; Cerezo, 1996).

É importante ressaltar que o CTS surge em um momento histórico de países capitalistas com condições materiais razoavelmente satisfeitas, sendo intrinsecamente uma mudança cultural a respeito da politização da CT. Nessa nova perspectiva cultural, houve desdobramentos até que se atingisse o ensino superior e básico. Essa nova visão deveria ter como objetivo principal a formação da cidadania responsável, criando cidadãos capazes de lidar com problemas com dimensões científica e tecnológica (Auler; Bazzo, 2001).

O conceito de cidadania está diretamente relacionado com a participação ativa e responsável de cada indivíduo em um sistema democrático, sendo um processo de autopromoção, ou seja, a cidadania não pode ser transmitida e nem concedida, ela deve ser conquistada. Assim, junto a nova perspectiva cultural e o caráter intrínseco da cidadania, a educação se torna um dos pilares da democracia, assumindo um papel de preparar o indivíduo para exercer sua função em uma sociedade democrática, garantindo seus direitos e deixando claro seus deveres (Santos; Schnetzler, 2010).

Como já mencionado, essa mudança cultural ocorreu primeiramente em países desenvolvidos, surgindo de uma preocupação para o papel da educação científica na promoção da cidadania e no desenvolvimento do país (Nelkin, 1982; Knamiller, 1984). Posteriormente essa preocupação se tornou mundial, com o movimento se consolidando nos

últimos 20 anos, por exemplo, no Brasil, estabelecendo a nova função da educação na Constituição Brasileira de 1988:

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (Brasil, 1988, art. 205).

Por fim, esse movimento vem para evitar a dissociação do aspecto social dos CT no ensino de ciência, buscando sempre formar cidadãos críticos capazes de tomarem decisões importantes e intervir na sociedade. Além disso, é importante destacar que a esse movimento foi incorporado uma vertente com preocupações de sustentabilidade e educação para mudanças climáticas, se manifestando na literatura com nova denominação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Não que a antiga sigla CTS não tenha preocupações ambientais, porém ao colocar a letra A se intensifica e destaca esse enfoque. Para esse texto, se optou por trazer a perspectiva CTS em uma forte vertente ambiental e, portanto, será usado no decorrer das seções a sigla CTSA (Santos; Schnetzler, 2010; Von Linsingen, 2007).

### **2.2.2 A metodologia CTSA**

O primeiro passo para compreender o que vem a ser uma metodologia de ensino com enfoque CTSA, é possuir uma definição clara do que é essa pesquisa entende por metodologia. Por muitas vezes, esse termo é utilizado de forma incorreta, como sinônimo de método, com esse segundo se relacionando com a dimensão concreta e a metodologia com a dimensão teórica do processo de ensino e aprendizagem. Assim, pode-se definir o método como um conjunto de atividades que guiam os caminhos adotados no processo de ensino e aprendizagem; já a metodologia pode ser definida como uma teoria de compreensão do mundo que vai fundamentar a prática pedagógica. Com isso, uma metodologia possui concepções de fundo próprias acerca de aspectos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, da escola, da sociedade, do mundo e da concepção do que se entende por educação (Alves; Bego, 2020).

Uma metodologia CTSA possui três componentes principais, sendo eles: *1) Ciência:* que é influenciada pelo meio social e possui um caráter provisório e incerto, ou seja, não é tratada como um conhecimento verdadeiro acabado e de crescimento linear, com isso, em

uma situação real pode existir mais de uma alternativa para resolução de um mesmo problema; *II) Tecnologia*: é a aplicação do conhecimento científico em processos de produção para suprir as necessidades sociais. A tecnologia possui três aspectos centrais, o técnico referente aos produtos da ciência, o organizacional referentes às organizações das atividades centrais de uma sociedade, e por fim, o cultural que refere-se aos valores da sociedade; *III) Sociedade*: definida como uma sociedade democrática, ou seja, formadas por cidadãos que cumpre com um papel efetivo de cidadania (Pacey, 1990; Solomon, 1988). Com as definições sobre os três pilares de sustentação do CTSA, é possível determinar que a integração harmônica do pilar Ambiente ocorre de acordo com a importância deste para atividades vitais humanas e deve guiar as decisões científicas e tecnológicas (Roby, 1981).

De acordo com o discutido, é possível apresentar que o objetivo central da metodologia CTSA é a formação da cidadania dos alunos, os tornando capazes de tomarem decisões importantes frente a situações reais que envolvem as dimensões científica, tecnológica, sendo um agente social ativo. Um dos objetivos específicos dessa metodologia é o ensino do conteúdo científico com uma contextualização efetiva do seu meio tecnológico e social (Santos; Schnetzler, 2010). As inter-relações feitas por essa metodologia podem ser observadas na Figura 17:

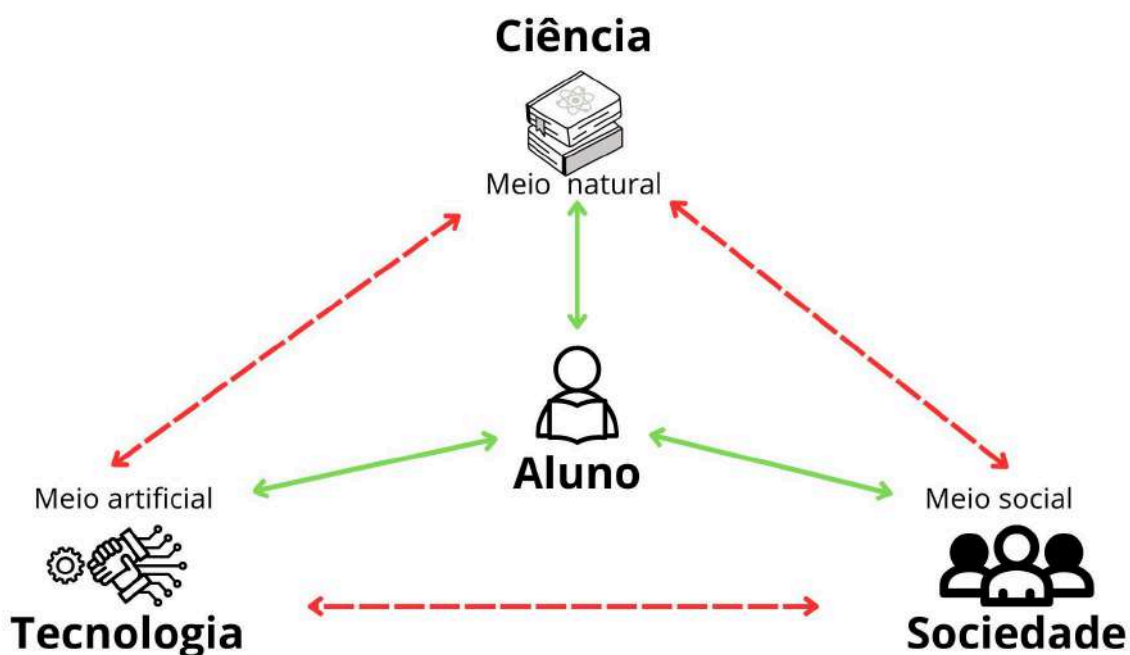


**Figura 17.** Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e aluno.

**Fonte:** Adaptado de Santos e Schnetzler (2010, p. 62).

Na figura 17, as setas na cor verde são relacionadas a integração que o aluno é capaz de realizar sozinho, possuindo uma compreensão individual do meio natural, o meio artificial e o meio social. Assim, a metodologia CTSA é uma forma para estabelecer conexões que os alunos não conseguem realizar sozinhos, como representado pelas setas em vermelho, as inter-relações, tecnologia/sociedade, tecnologia/ciência e ciência/sociedade. Dessa forma, é possível apresentar nove principais aspectos da CTSA, geralmente utilizados em propostas de ensino para atingir o objetivo específico de realizar essas inter-relações (Hofstein; Aikenhead; Riquarts, 1988; Mckavanagh; Maher, 1982). Esses aspectos do CTSA são apresentadas no Quadro 1:

**Quadro 1.** Descrição das características categorizadas como narrativas.

| <b>Aspectos de CTSA</b>                       | <b>Descrição</b>                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza da Ciência</b>                    | Ciência é uma busca de conhecimento dentro de uma perspectiva social.                                                                                     |
| <b>Natureza da Tecnologia</b>                 | Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia.      |
| <b>Natureza da Sociedade</b>                  | A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas.                                                                 |
| <b>Efeito da Ciência sobre Tecnologia</b>     | A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.                                                                                   |
| <b>Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade</b> | A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida desse grupo.                                                            |
| <b>Efeito da Sociedade sobre a Ciência</b>    | Através de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.                                                      |
| <b>Efeitos da Ciência sobre a Sociedade</b>   | Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas                                          |
| <b>Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia</b> | Pressões de órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas. |
| <b>Efeito da Tecnologia sobre a Ciência</b>   | A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.                                                               |

**Fonte:** Santos e Schnetzler (2010, p. 69)

Além desses aspectos utilizados para guiar o estabelecimento de conexões entre as principais inter-relações propostas pela metodologia CTSA, esse objetivo específico é de fácil identificação quando se analisa a diferença de proposta curriculares de Ensino CTSA frente ao Ensino Tradicional de Ciência (Roberts, 1991). Essa comparação é apresentada no Quadro 2:

**Quadro 2.** Diferenças entre aspectos do Ensino Tradicional e o Ensino CTSA.

| Ensino Tradicional de Ciência                                                                                                          |                                                                                                                                                    | Ensino CTSA de Ciência                                                                                          |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspectos Enfatizados                                                                                                                   | Exemplo metais                                                                                                                                     | Aspectos Enfatizados                                                                                            | Exemplo metais                                                                                                     |
| 1. Organização conceitual da matéria a ser estudada.                                                                                   | Classificação e propriedades de metais e não-metais.                                                                                               | 1. Organização da matéria em temas tecnológicos e sociais.                                                      | Diversidade e funções de materiais metálicos de uso diário.                                                        |
| 2. Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descoberta do método científico                                         | Desenvolvimento dos conceitos de maleabilidade, dureza, densidade, etc.                                                                            | 2. Potencialidades e limitações da tecnologia no que diz respeito ao bem comum.                                 | Produção de materiais referentes às propriedades e aplicações dos metais.                                          |
| 3. Ciência, um conjunto de princípios, um modo de explicar o universo, com uma série de conceitos e esquemas conceituais interligados. | Estudo das propriedades físicas e químicas e das aplicações de metais.                                                                             | 3. Exploração, uso e decisões são submetidas a julgamento de valor.                                             | Visão histórica da descoberta dos metais e ligas metálicas, bem como dos efeitos sobre a tecnologia e a sociedade. |
| 4. Busca da verdade científica sem perder a praticabilidade e a aplicabilidade.                                                        | Estruturas atômicas e cristalinas, propriedades e uso.                                                                                             | 4. Prevenção de consequências a longo prazo.                                                                    | Pesquisa sobre metais, ligas e processos, os quais têm estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias.          |
| 5. Ciência como um processo, uma atividade universal, um corpo de conhecimentos.                                                       | Principais conquistas que ocorreram nas pesquisas com metais, especialmente no campo de ligas metálicas, e novos meios que estão sendo pesquisados | 5. Desenvolvimento tecnológico, embora impossível sem a ciência, depende mais das decisões humanas deliberadas. | Interpretações atuais sobre metais e ligas metálicas e a busca de novos conhecimentos.                             |

|                                                                                                                                                  |                                    |                                                                                                        |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                                                                                                                  | atualmente para extração de metal. |                                                                                                        |   |
| 6. Ênfase à teoria para articulá-la à prática.                                                                                                   | -                                  | 6. Ênfase À prática para chegar na teoria                                                              | - |
| 7. Lida com fenômenos isolados, usualmente do ponto de vista disciplinar, análise dos fatos, exata e imparcial.                                  | -                                  | 7. Lida com problemas verdadeiros no seu contexto real.                                                | - |
| 8. Busca, principalmente, novos conhecimentos para compreensão do mundo natural, um espírito caracterizado pela ânsias de conhecer e compreender | -                                  | 8. Busca principalmente implicações sociais dos problemas tecnológicos; tecnologia para a ação social. | - |

**Fonte:** Adaptado de Santos e Schnetzler (2010, p. 66 e 67)

Portanto, é possível identificar que dentro dos aspectos que compõem a metodologia CTSA, sempre vão existir elementos que possibilitem os estudantes a estabelecerem conexões entre ciência, tecnologia e sociedade. Assim, o ensino CTSA é centrado pela organização conceitual científica referentes a temas sociais relevantes, gerando um conhecimento mais amplo da ciência e suas implicações sociais e tecnológicas, capacitando os estudantes ao exercício da cidadania (Santos; Schnetzler, 2010).

### 2.2.3 Sequência didática e a perspectiva CTSA

Uma sequência didática fundamentada na metodologia CTSA, deve abordar conteúdos que relacionem os componentes Ciência, tecnologia e sociedade. Aikenhead (1990), propõe que se a intenção é um ensino CTSA, os conteúdos abordados devem se enquadrar em uma das seis categorias de temas sociocientíficos, sendo elas: *I)* interação entre ciência, tecnologia e sociedade; *II)* processos tecnológicos; *III)* temas sociais relativos à ciência e tecnologia; *IV)* aspectos filosóficos e históricos da ciência; *V)* aspectos sociais de interesse da comunidade científica; e por fim, *VI)* inter-relação entre os aspectos enumerados.

Dentro desses temas sociocientíficos dos possíveis conteúdos para serem trabalhados em uma sequência didática CTSA, inclui-se questões ambientais, políticas, econômicas, étnicas, sociais e culturais relacionadas à ciência e tecnologia. Com isso, é aconselhável utilizar esses temas pelo fato de proporcionarem condições para estabelecer as inter-relações propostas pela metodologia. Contudo, a simples adesão dos mesmos não garante um ensino com enfoque CTSA, sendo estabelecido na literatura três critérios para identificar se os temas sociocientíficos escolhidos possuem potencialidades para seu uso em curso CTSA por serem relativos a CT, sendo eles: *I)* se é, de fato, um problema de natureza controvertida, ou seja, se existe opiniões diferentes a seu respeito; *II)* se o tema tem significado social; e por fim, *III)* se o tema, em alguma dimensão, é relativo à ciência e à tecnologia (Ramsey, 1993).

Além disso, mesmo com a escolha de um conteúdo que satisfaz os critérios estabelecidos na literatura, a ênfase que esses atribuem as inter-relações do CTSA pode ser estabelecida em vários níveis. Com o nível mais baixo ocasionando uma visão reducionista do ensino CTSA, sendo marcada por uma visão de neutralidade dos pilares CT, e o nível mais alto uma visão ampliada, marcada por uma perspectiva crítica sobre as implicações socioambientais da CT na sociedade (Auler; Delizoicov, 2001).

Dentre os vários níveis, Aikenhead (1994) propõe oito categorias, sendo elas: *I) Conteúdo de CTSA como elemento de motivação*: ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTSA com função de tornar as aulas mais interessantes; *II) Incorporação eventual do conteúdo CTSA ao conteúdo programático*: ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdos CTSA incorporados como apêndices aos tópicos de ciência. O conteúdo CTSA não é resultado do uso de temas unificadores; *III) Incorporação sistemática de conteúdo de CTSA ao conteúdo programático*: ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTSA integrados aos tópicos de ciência, com função de explorar sistematicamente o conteúdo CTSA. Esses conteúdos formam temas unificadores; *IV) Disciplinas científicas por meio de conteúdo CTSA*: os temas CTSA são utilizados para organizar o conteúdo de ciência e sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. *V) Ciências por meio do conteúdo CTSA*: a metodologia organiza o conteúdo e a sequência; *VII) Ciências com conteúdos de CTSA*: o enfoque é no conteúdo CTSA, com os científicos apresentando o papel de enriquecimento da aprendizagem; *VII) Incorporação da ciência ao conteúdo de CTSA*: o conteúdo CTSA é o foco, com os conteúdos científicos relevantes

sendo mencionados, mas não ensinados sistematicamente; e por fim, *VIII) Conteúdo CTSA*: estudo de uma questão tecnológica ou social importante, apenas indicando a sua vinculação com a ciência.

Assim, com as oito categorias dos níveis dos conteúdos no ensino CTSA, é possível identificar que a primeira categoria é a que mais ocasiona uma visão reducionista, tratando os temas CTSA de maneira eventual e com caráter motivador, enquanto a oitava categoria possui como foco os próprios conteúdos CTSA e por isso possuindo uma visão ampliada dos mesmo, contudo o conteúdos científicos acabam sendo apresentados de maneira complementar. Dessa forma, em cursos da área da ciência os conteúdos propriamente científicos não devem ser secundários, sendo aconselhável a utilização das categorias três e quatro, devido a sua ênfase nos conteúdos científicos, sem deixar de abordar as inter-relações CTSA de forma sistemática (Aikenhead, 1994).

Como visto existe uma diversidade de temas sociocientíficos que podem ser abordados pela metodologia, existindo também uma variedade de métodos para implementação de temas CTSA, Lowe (1985) destaca três: *I)* Ensino de conteúdos científicos com aspectos relevantes que sejam compreendidos como próprios de CTSA; *II)* Ensino de conteúdos científicos a partir da apresentação da utilização o de tecnologia que origine uma discussão de princípios da ciência; *III)* Ensino de conteúdos científicos a partir da introdução de um problema central que deve ser solucionado. Por meio dos diversos métodos propostos para implementação do CTSA, Aikenhead (1990) propõe que mesmo diferenciando nos temas sociocientíficos, na abordagem desses temas e na categoria de níveis de CTSA, os conteúdos específicos de ciência possuem uma estrutura característica resultante da adoção de etapas, podendo se chegar a um método mais efetivo, as etapas desse método são apresentadas na Figura 18:

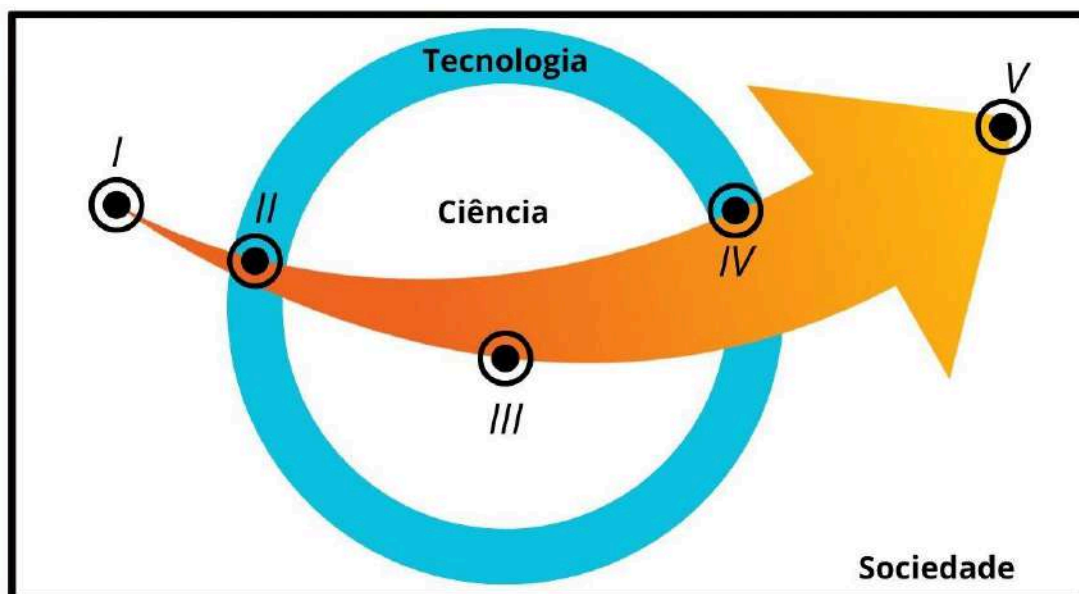


**Figura 18.** Sequência de etapas para implementação de matérias CTSA.

**Fonte:** Adaptado de Santos e Schnetzler (2010, p. 85)

De acordo com a figura acima, pode-se definir as seguintes sequência de etapas: *I*) uma questão social é introduzida; *II*) uma tecnologia relacionada ao tema social é analisada; *III*) o conteúdo científico é definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; *IV*) a tecnologia correlata é estudada em função do conteúdo apresentado; e por fim, *V*) a questão social original é novamente discutida (Aikenhead, 1990). Destaca-se, portanto, que na última etapa do processo o mesmo problema do início da sequência deve ser retomado, porém agora esse se faz com toda uma bagagem de discussões científicas, tecnológicas e sociais, adquiridas durante o processo. A resolução do problema, desse modo, se faz fundamentada teoricamente no conhecimento científico vigente.

O método proposto por Aikenhead (1990), é referido na literatura como a sequência ideal, por partir de uma problemática social que é tratada com os princípios científicos para sua resolução. Assim, essa sequência contribui para que os conteúdos sociocientíficos propostos pela metodologia, sejam desenvolvidos com uma articulação entre ciência, tecnologia e sociedade. A implementação de projetos que seguem esse método vem apresentando excelentes resultados, evidenciados ao contribuir para a formação da cidadania e tomada de decisões dos alunos, assim como proposto nos objetivos do CTSA (Santos; Schnetzler, 2010).

A primeira etapa desse método impõe a introdução de uma questão social relevante, tornando-se fundamental para o desenvolvimento das etapas subsequentes. Dessa forma, é necessário que a questão social seja capaz de realizar uma contextualização entre ciência, tecnologia e sociedade, além de promover o interesse dos alunos para os conteúdos de fundos que serão tratados posteriormente. Assim, uma forma eficiente de introduzir essas questões é o alinhamento da metodologia CTSA com estratégias didáticas ativas, ou seja, aquelas que implicam na participação efetiva dos alunos e que são coerentes ao objetivo da metodologia (Santos; Schnetzler, 2010).

Contudo, mesmo com a proposta de uma sequência de etapas eficaz, a implementação de uma metodologia CTSA enfrenta alguns dilemas e desafios. O primeiro está centrado na figura do professor que é determinante para o sucesso ou fracasso da metodologia, necessitando superar o desafio de uma formação docente muitas vezes defasada com um enfoque em um ensino de ciência tradicional. Colaborando com essa falta de capacitação docente, muitas vezes é requerido a esses a produção dos materiais CTSA, devido a escassez de materiais prontos para serem utilizados (Santos; Schnetzler, 2010).

Outros dilemas na metodologia CTSA, estão relacionados às dificuldades de avaliação escolar desse tipo de ensino, existindo três principais, sendo elas: *I) quanto à natureza do comportamento a ser avaliado*: com a forçada de tomada de decisão, o aluno acaba por transparecer seus valores combinando fatores afetivos e cognitivos, tornando o processo de avaliação complexo; *II) quanto a problemas de mensuração*: os tópicos abordados geralmente recebem opiniões dos alunos de caráter subjetivo; *III) transferência de situações reais para o contexto acadêmico*: a simplificação das questões sociais para interpretação dos alunos reduzem a margem de consideração dos mesmo (Thomas, 1985). Devido a complexidade do processo de avaliação, Yager e McCormack (1989) propõe cinco aspectos para orientar o processo de avaliação, sendo eles: *I) Conhecimento e compreensão das informações*; *II) Exploração e descoberta de processo da ciência*; *III) Imaginação e criatividade*; *IV) Sensibilização e valorização de opiniões*; e por fim; *V) Uso e aplicação das inter-relações do CTSA*.

Portanto, propostas de ensino CTSA demonstram grande superioridade frente a metodologias tradicionais, por trabalhar o conteúdo científico contextualizado com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais, desenvolvendo nos alunos a cidadania e criticidade em tomadas de decisões que envolvam essas inter-relações, sem se comprometer explicitamente

com discussões de níveis de poder social. Assim, essa metodologia não apenas enriquece o aprendizado, mas também prepara os estudantes para enfrentar problemas sociais presentes em seu cotidiano (Santos; Schnetzler, 2010).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho foi produzir e avaliar materiais fundamentados na abordagem metodológica Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), como meio de uma melhor apropriação dos conceitos relacionados ao tema álcool em gel. A ideia central é utilizar o planejamento em cursos superiores de Química ou áreas afins. Ademais, a estrutura principal do design pode ser utilizada em adaptações para outros níveis de ensino.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Elaborar um Caso Investigativo e um Roteiro Investigativo com a temática do álcool em gel como antisséptico;
- ❖ Propor uma sequência didática utilizando as premissas fundamentais da metodologia CTSA;
- ❖ Avaliar as estratégias didáticas desenvolvidas e a sequência didática por meio do referencial teórico específico.

### **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho descrevem como a pesquisa foi conduzida seguindo a literatura especializada para elaboração e avaliação dos materiais propostos. Com isso, para garantir a transparência, reprodutibilidade, utilização e compreensão da proposta e materiais didáticos produzidos, torna-se necessário a apresentação do panorama geral e das especificidades de cada material.

#### **4.1 Desenho da proposta**

A primeira etapa é compreender a perspectiva geral desta pesquisa, que está em torno da elaboração de uma sequência didática (SD) fundamentada na abordagem metodológica

CTSA. Uma SD pode ser definida como o conjunto de atividades planejadas e executadas de maneira sistemática, com o objetivo de auxiliar os estudantes na compreensão do conteúdo e no desenvolvimento de habilidades. Com isso, as atividades propostas que dão forma a SD são de extrema importância, sendo as responsáveis por relacionar o saber, o ensinar e o aprender (Sanmartí, 2009).

A sequência didática proposta nesta pesquisa, foi desenvolvida com a finalidade de contemplar os objetivos propostos pela metodologia CTSA. Para isso as atividades foram elaboradas para que os alunos sejam colocados frente a situações problemas, as quais possibilitem estabelecer interrelações entre aspectos sociais, tecnológicos e científicos. Além disso, a tomada de decisões na metodologia adotada é crucial para o desenvolvimento da cidadania do aluno, com isso as atividades foram elaboradas no sentido que levem os alunos a uma tomada de decisão (Santos; Schnetzler, 2010).

A SD proposta conta com quatro atividades principais, sendo elas: *I)* Caso investigativo; *II)* Aula expositiva e dialogada; *III)* Roteiro Investigativo; e *IV)* Debate de final da SD. Com essas atividades sendo sistematizadas em quatro aulas de duas horas, com a atividade *(I)* sendo implementada na primeira aula, a atividades *(II)* na segunda, a *(III)* implementadas na terceira aula e por fim a atividade *(IV)* sendo realizada na aula de finalização da SD.

A sistematização dessas atividades dentro da SD proposta, possuem a finalidade de se articular com a abordagem metodológica escolhida. Os materiais elaborados para tornar possível a implementação dessa SD foram o Caso investigativo e Roteiro investigativo, passando ser fundamental uma discussão mais específica e aprofundando a elaboração e implementação dessas duas atividades.

A validação e refinamento das propostas apresentadas nesta pesquisa se desenvolveu por meio de duas estratégias distintas, a discussão por pares em congressos científicos e a análise do Caso Investigativo com futuros professores do último ano do curso de licenciatura em Química de uma universidade do interior do estado de São Paulo. Os referidos congressos foram: *I)* 54º Semana da Química Unesp Araraquara e *II)* Evento Ensino de Química: Desafios para pesquisa em Rede na área de Ensino de Química. Já a validação do Caso Investigativo ocorreu por meio de um questionário que continham as onze características de

um bom caso, nas quais, utilizando uma escala tipo Likert<sup>6</sup>, os licenciandos deveriam avaliar a adequação de cada categoria.

## 4.2 Experimentação

### 4.2.1 A experimentação no desenvolvimento da ciência

Antes de iniciar as discussões de como a experimentação afetou o desenvolvimento da Ciência, é necessário entender o que é a Natureza da Ciência (NC) e como ela se desenvolveu com o passar do tempo. Atualmente, a Ciência se fundamenta essencialmente na confiabilidade do método científico. No entanto, é possível perceber que o próprio método científico e a NC passaram por diferentes transformações até chegar na concepção atualmente aceita (Chalmers 1993).

A importância da experimentação como forma de focalizar a particularidade de cada fenômeno, evitando a formulação de explicações equivocadas que discutem as causas isoladas do empírico, já é destacada e defendida há muito tempo. Aristóteles afirmava que: “quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universo ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (Aristóteles<sup>7</sup> *apud* Giordan, 1999, p. 2).

Os princípios da filosofia aristotélica foram, durante a idade média, a concepção aceita do que era o conhecimento científico. Essa visão influenciava os estudiosos a aliarem a lógica com a observação natural, na busca de respostas além do plano físico. Essa filosofia sustentou a base empírica e metafísica da época por falta de instrumentos de medição, sendo realizada exclusivamente por meio dos sentidos elementares humanos (Chalmers, 1993; Giordan, 1999).

Durante o século *XVII*, com a revolução científica, ocorreu o surgimento de forças progressistas como a corrente filosófica do positivismo, que possui uma atitude antagonista aos escritos de Aristóteles. Esse movimento é decorrente da preocupação da utilização de obras antigas, como a própria bíblia, para balizar as fontes do conhecimento científico. Essas forças contribuíram para a ruptura da relação da natureza e do homem com o divino. Além disso, filósofos da época, como Francis Bacon, defenderam a importância do que é descrito

---

<sup>6</sup> A escala tipo Likert é um método de medição usado para quantificar a percepção, opinião ou atitude de respondentes em relação a afirmações (Likert, 1932).

<sup>7</sup> Aristóteles. **Metafísica**. São Paulo: Editora Abril, 1979 (Coleção Os Pensadores).

pelos antigos como a necessidade de consultar a natureza para sua melhor compreensão (Chalmers, 1993).

Essa visão de científico está baseada no que pode ser observado pelos sentidos humanos, no qual a ciência é denominada como objetiva, não tendo espaço para opiniões pessoais ou especulações. Em uma ciência que é uma estrutura construída, essencialmente por fatos, a experimentação ocupa um lugar de destaque, decorrente da importância do empírico para validar ou formular novas hipóteses. O processo de utilizar a experimentação como forma de coletar dados para construir teorias que se adequem a eles foi proposto por Bacon (1988) e ficou conhecido como método indutivista. O princípio básico do indutivismo é o acúmulo de observações de um mesmo fenômeno, que de acordo com os dados coletados refutaria ou contribuiria para validação e, até mesmo, a formulação de leis e teorias (Giordan, 1999).

Uma das características desejáveis para uma teoria científica é sua capacidade de explicar e prever fenômenos, o que é um problema para o método indutivista já que este contempla apenas a primeira característica. Em meio a essas discussões, foi proposto por Descartes (1987) o método dedutivo, que se diferenciava do indutivismo por impor um novo encargo sobre a experimentação, que agora possui o objetivo de reconhecer as características de fenômenos particulares que sofriam influência de teorias por meio do uso do raciocínio lógico para realizar previsões (Giordan, 1999).

Na trajetória de constantes modificações em busca do aprimoramento e aperfeiçoamento do método científico, o último pensador que junto a Bacon e Descartes combateu o pensamento aristotélico, e é reconhecido junto a eles como os fundadores da ciência moderna, é Galileu. Esse filósofo aponta a experimentação como um dos pilares do método científico, deixando de ser apenas uma forma de validar hipóteses e assumindo um papel de legitimadora para o ato de se fazer Ciência (Losee, 1979).

A cronologia apresentada sobre a NC torna evidente que a experimentação sempre esteve atrelada às transformações que o pensamento científico sofreu até chegar ao pensamento atual. A NC é entendida como um conhecimento diverso e complexo, que possui uma dualidade entre sua natureza simbólica produzida por esforços intelectuais para explicar fenômenos, e sua natureza socialmente negociada que leva em consideração a influência social e cultural na construção do conhecimento científico. Dessa mesma maneira é possível perceber a influência da experimentação no ensino de ciências, essa que também passou por

inúmeros processos até ser integralizada no currículo educacional como uma estratégia didática com grande potencialidade. (Driver; Asoko; Mortimer; Scott, 1999). Esse histórico será discutido de maneira mais aprofundada na próxima seção.

#### **4.2.2 A experimentação no ensino de ciência**

As pesquisas na área do Ensino de Ciências apontam inúmeros entraves ao processo de ensino e aprendizagem que, muitas vezes, decorrem de uma visão tradicional, tecnicista e/ou fenomenológica. Nessas metodologias, os alunos possuem essencialmente um papel passivo frente ao processo de ensino e aprendizagem, tendo como única função ser o ouvinte e receptor dos conteúdos que o professor transmite, de forma irrefletida (Guimarães, 2009; Gonçalves; Goi, 2020; Porlán; Garcia; Rivero; Martin, 1998).

De acordo com Moreira (2006) quando o processo de ensino ocorre, exclusivamente, por meio da transmissão de informações que, geralmente, não estão relacionadas com os conhecimentos prévios dos alunos e nem seu cotidiano, há a caracterização de uma aprendizagem não significativa, que reforça uma visão aproblemática da Ciência. Nessa perspectiva de uma aprendizagem mecânica e transmissiva, é possível perceber um distanciamento entre as ações de professores e alunos, transformando o ato de ensinar do primeiro desvinculado e não- condicionado ao ato de aprender do segundo (Gonçalves; Goi 2020).

Essa aprendizagem não possibilita que o aluno consiga estabelecer relações efetivas entre os conteúdos teóricos trabalhados e a sua realidade, tornando-se um dos principais motivos do desinteresse dos estudantes pelos estudos da área das Ciências da Natureza (Gonçalves; Goi 2020). O resultado de um processo não significativo de ensino tradicional é definido, nas palavras de Schnetzler (1992, p. 17), como “[...] o produto desta aprendizagem se caracteriza, portanto, em memorização com um subsequente esquecimento rápido do conhecimento aprendido”.

Em oposição a uma aprendizagem mecanizada/automatizada/programada baseada, fundamentalmente, na memorização de conteúdos está a aprendizagem significativa, que pode ser definida como um processo de ensino no qual um novo conteúdo teórico ancora, de forma intencional, aos conhecimento prévio do estudante (Moreira, 1997). Para Guimarães (2009, p. 199) “Se a pretensão do educador é ensinar significativamente, basta que esse avalie o que o aluno já sabe e então ensine de acordo com esses conhecimentos” .

De acordo com Moreira (2011), esses dois tipos de aprendizagem não deveriam ser consideradas antagônicas, uma vez que existe uma “área cinza” na qual ocorre a mudança da aprendizagem mecanizada/automatizada/programada para uma aprendizagem significativa. Dessa forma, as duas aprendizagens estão interligadas de maneira que nenhuma delas seja engessada ou “pura”, ou seja, apesar de classificarmos uma aprendizagem como mecanizada/automatizada/programada, essa pode apresentar um caráter, ainda que reduzido, significativo. Da mesma forma, uma aprendizagem pode ser predominantemente significativa e apresentar um caráter mecanizado/automatizado/programado. A ideia central é que pode ocorrer uma evolução entre os tipos de aprendizagem e que essa pode ocorrer de forma gradual (figura 19):

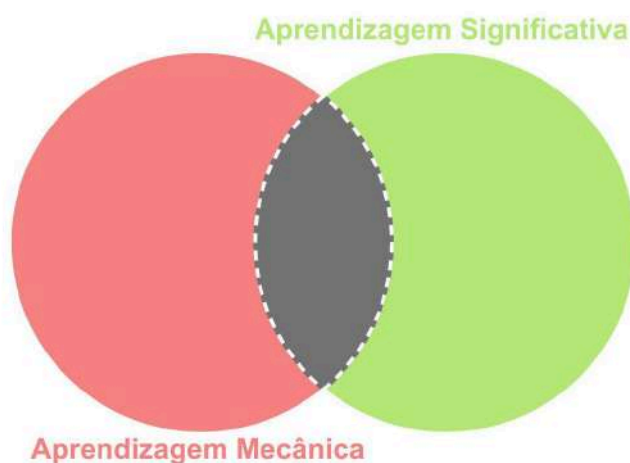


**Figura 19.** Ilustração entre aprendizagens

**Fonte:** Elaboração própria.

Para Moreira (2011, p. 3), existem três organizadores prévios que podem ser utilizados como pontos de ancoragem cognitivas dos conhecimentos prévios dos alunos para o conhecimento significativo, esses que são definidos como:

- 1- identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material; 2- dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes; 3- prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (Moreira, 2011, p.3).

Apesar da falsa impressão de que ensinar significativamente seja um ato simples, sendo necessário apenas articular os conteúdos teóricos com os conhecimentos prévios dos alunos, é necessário criar as pontes cognitivas que possibilitam a aprendizagem significativa. No entanto, esse é um processo complexo que se depara com obstáculos a serem superados, por exemplo, identificar e avaliar o que o aluno já sabe, sendo esse um processo com um alto grau de dificuldade, uma vez que o conhecimento prévio faz parte da estrutura cognitiva do aluno e tem uma natureza única e individual (Guimarães, 2009; Moreira, 2011).

Uma das maneiras para identificar os conhecimentos prévios dos alunos é colocá-los frente a situações-problema que podem ser baseadas em situações reais ou simuladas. Essa atividade deve estimular os alunos a expressarem seus conhecimentos prévios sobre o assunto, de forma articulada e não apenas como conceitos memorizados. Isso permitirá que o docente identifique os conhecimentos prévios de seu público (Guimarães, 2009). Dessa maneira, o Ensino de Ciência tem o desafio de relacionar conhecimentos científicos com o cotidiano dos estudantes, o ensino a partir de um problema a ser resolvido pelos próprios alunos, garante um maior interesse e uma participação ativa na construção do conhecimento (Gonçalves; Goi, 2020).

Uma das estratégias didáticas que tem a potencialidade para executar esse movimento é a experimentação, a qual se caracteriza como uma atividade que consegue relacionar fenômenos e teorias mantendo uma relação constante entre fazer e pensar (Silva; Machado; Tunes, 2010). A utilização da experimentação em sala de aula permite uma maior compreensão dos conceitos científicos, que estão relacionados com problemas do cotidiano, e uma compreensão mais aprofundada do fazer Ciência. Os alunos, portanto, podem desenvolver discussões mais completas e profundas dos conceitos, transitando entre os três níveis de conhecimento, a se citar: macroscópico (fenomenológico), submicroscópico (teórico) e representacional (Leite, 2018). Nessa perspectiva, Mortimer, Machado e Romanelli (2000) propõe que uma boa experimentação é capaz de produzir uma aula dialogada, argumentativa e participativa ao realizar a triangulação representada na figura 20:

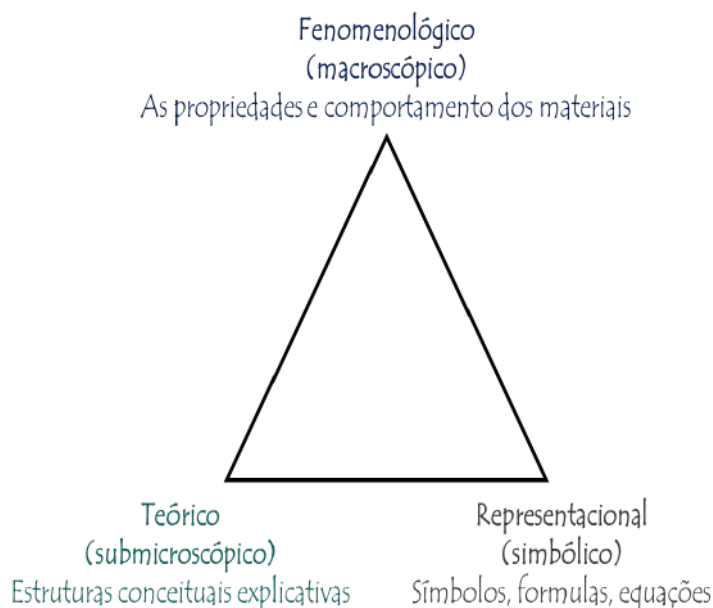


**Figura 20.** Aspectos do conhecimento científico

**Fonte:** Moralles (2001, p. 170).

Para Mortimer, Machado e Romanelli (2000) esses três aspectos são definidos da seguinte maneira: *I*) teórico: são conhecimentos científicos como modelos, leis e teorias; *II*) representacional: referindo-se a simbologia científica como equações, fórmulas e representações; e, por fim, o aspecto *III*) fenomenológico: fenômenos. Exemplos: que podem ser captados pelos sentidos mudanças de estados físico, fenômenos invisíveis mas detectáveis como a interação da radiação eletromagnética. Esses três aspectos devem ser trabalhados de forma que se articularem apropriadamente entre si, resultando nas dialéticas entre a teoria e experimento, pensamento e realidade (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000).

Na maioria das vezes os vértices dos aspectos teóricos e representacionais são aqueles trabalhados no ensino tradicional por meio da memorização, não se relacionando entre si e com a realidade dos alunos (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). Com ausência do vértice fenomenológico sendo verificada na maioria dos currículos nacionais, e quando encontradas sendo principalmente com experimentações do tipo empírico-indutivista (Leite, 2018). Tornando evidente uma grande lacuna nas atividades de experimentação, que na sua utilização como uma estratégia possui uma história evolutiva que reflete nas filosofias educacionais internacionais (Silva; Machado; Tunes, 2010).

A introdução da experimentação como estratégia didática não ocorreu instantaneamente, mesmo com seu papel no Ensino de Ciência sendo reconhecido por

filósofos desde o século *XVIII*. Em um panorama geral, foi apenas nas últimas décadas do século *XIX* que atividades experimentais foram inseridas no currículo escolar em países como Inglaterra e Estados Unidos da América (Silva; Machado; Tunes, 2010).

Nesse período, a experimentação no Brasil era, essencialmente, voltada para uma abordagem utilitarista, associando os conhecimentos teóricos com atividades econômicas como a extração de minérios e sua transformação em metais. Apenas na segunda metade do século *XX*, a experimentação foi consolidada como uma estratégia didática, influenciando diretamente as políticas educacionais do Brasil nos anos seguintes, como com a criação de Programas e Institutos com a finalidade de produzir materiais didáticos adaptados dos contexto norte-americano e desenvolver a formação de professores para utilização deste (Silva; Machado; Tunes, 2010).

Um grande marco para experimentação como estratégia didática é o seu uso sendo recomendado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que na perspectiva de um ensino com abordagens de temas sociais relevantes, encontrou na experimentação uma forma de associar as teorias com a contextualização do conhecimento (Brasil, 2006). Dessa forma, os livros didáticos começam a ter critérios estabelecidos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)<sup>8</sup> os quais seguindo os critérios de possuir uma experimentação investigativa levem aos jovens a pensar a ciência como como a construção do conhecimento e a apresentação de experimentos adequados à realidade escolar que destaquem a importância de cuidados específicos como o descarte de resíduos (Brasil, 2011), são sugeridos no Guia do Livro Didático como materiais adequados para auxiliar os professores (Brasil, 2006).

Com os critérios estabelecidos pelo PNLD, com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos alunos, Leite (2018) percebeu uma lacuna nas pesquisas que envolvem a identificação e explicação dos experimentos utilizados nos livros didáticos. Assim, foi realizada uma análise das abordagens experimentais nos livros didáticos, com a identificação de 183 experimentos nos quinze livros didáticos mais utilizados (Leite 2018).

Para Leite (2018), as atividades experimentais encontradas nos livros didáticos foram classificadas de acordo com combinações do que era semelhante, obtendo seis categorias. A Empírico-indutivista que destaca o papel da observação e da descoberta na comprovação de teorias (Suart, 2014); a Demonstrativa na qual o experimento é meramente observado pelos alunos, com o objetivo de confirmar uma teoria já estabelecida (Araújo; Abib, 2003; Gaspar,

---

<sup>8</sup> O PNLD hoje em dia é chamado de Programa Nacional do Livro e do Material Didático.

de Castro Monteiro, 2005); a Ilustrativa utilizadas para ilustrar conceitos em uma perspectiva construtivista (Caamaño, 2004); a Investigativa que utiliza de uma situação problema para ensinar os processos de investigação (Caamaño, 2004); as Conceituais que parte da reelaboração de conceitos permitindo uma reflexão e progresso intelectual (Araújo; Abib, 2003); e por fim, as técnicas voltadas a discussões de segurança de laboratório e descarte de resíduos estando limitada a aprendizagem de procedimentos (Gott; Welford; Foulds., 1988).

Dessa forma, as tendências atuais que vão de acordo com as orientações do PCN, recorrem a experimentação como forma da incorporação de um contexto e interdisciplinaridade para enfatizar a relação entre teoria e experimento. Na qual essas atividades experimentais possuem uma variedade de espaços na vida cotidiana do estudante, podendo ocorrer de forma significativa e com diferentes tipos de abordagens, que conseguem transitar entre os eixos norteadores sem a dissociação do teórico e experimental (Silva; Machado; Tunes, 2010). A seção seguinte apresenta algumas dessas abordagens e os objetivos da experimentação proposta por cada uma delas.

#### **4.2.3 A experimentação como estratégia didática**

Para falar da experimentação, como uma estratégia didática, é imprescindível especificar uma definição clara do que se entende, nesse texto, por estratégia didática, já que, no campo educacional, essa terminologia é um pouco difusa (Vieira; Vieira, 2005). Por meio de uma revisão sistemática da literatura brasileira, Alves e Bego (2020) propõem a definição de estratégia como um conjunto de ações intencionais e planejadas, totalmente flexíveis e condicionadas pelas concepções apropriadas do professor, almejando atingir os objetivos de aprendizagem propostos em seu planejamento.

Outro elemento prévio que deve ser compreendido devido a sua relevância para com a experimentação na relação teoria-experimento é o conceito de teoria científica. Existem duas principais características de uma boa teoria que são: *I)* Capacidade de generalização; *II)* Capacidade de previsibilidade (Chalmers, 1993).

Um experimento é um conjunto de ações planejadas, intencionalmente, e um instrumento totalmente flexível e adaptável às concepções do professor. A experimentação possui como objetivo de aprendizagem principal o desenvolvimento da capacidade de articulação entre o fazer e o pensar. O fazer ligado ao aspecto fenomenológico do conhecimento químico e o pensar com os aspectos teórico e simbólico. A articulação entres os

níveis do conhecimento químico faz da experimentação uma estratégia didática potencial para efetivação do processo de ensino e aprendizagem (Alves; Bego, 2020; Silva; Machado; Tunes, 2010; Mortimer; Machado; Romanelli, 2000).

Dentre as potencialidades da experimentação para o contexto de sala de aula, pode-se citar três principais aspectos, sendo eles: *I)* O despertar do interesse dos estudantes com os aspectos fenomenológicos de um experimento, que envolvem a discussão de um fenômeno do cotidiano sobre a perspectiva científica; *II)* O fomentar de um ambiente adequado para abordar as três dimensões do conhecimento científico, teórico, fenomenológico e representacional; e *III)* O estímulo ao desenvolvimento do pensamento crítico, decorrentes da elaboração de hipóteses e obtenção de dados pelos alunos (Giordan, 1999; Gonçalves; Goi, 2020).

Com esse novo olhar sobre a experimentação como uma estratégia didática capaz de potencializar a aprendizagem e pelos inúmeros incentivos para sua implementação, surgem diferentes tipos de experimentação. Com exceção de uma visão mais tradicional das atividades experimentais, os demais formatos buscam um conhecimento científico contextualizado e interdisciplinar, sem a dissociação dos atos de aprender e ensinar e os eixos teoria-experimento (Silva; Machado; Tunes, 2010). Os principais tipos encontrados na literatura são apresentados na Figura 21:

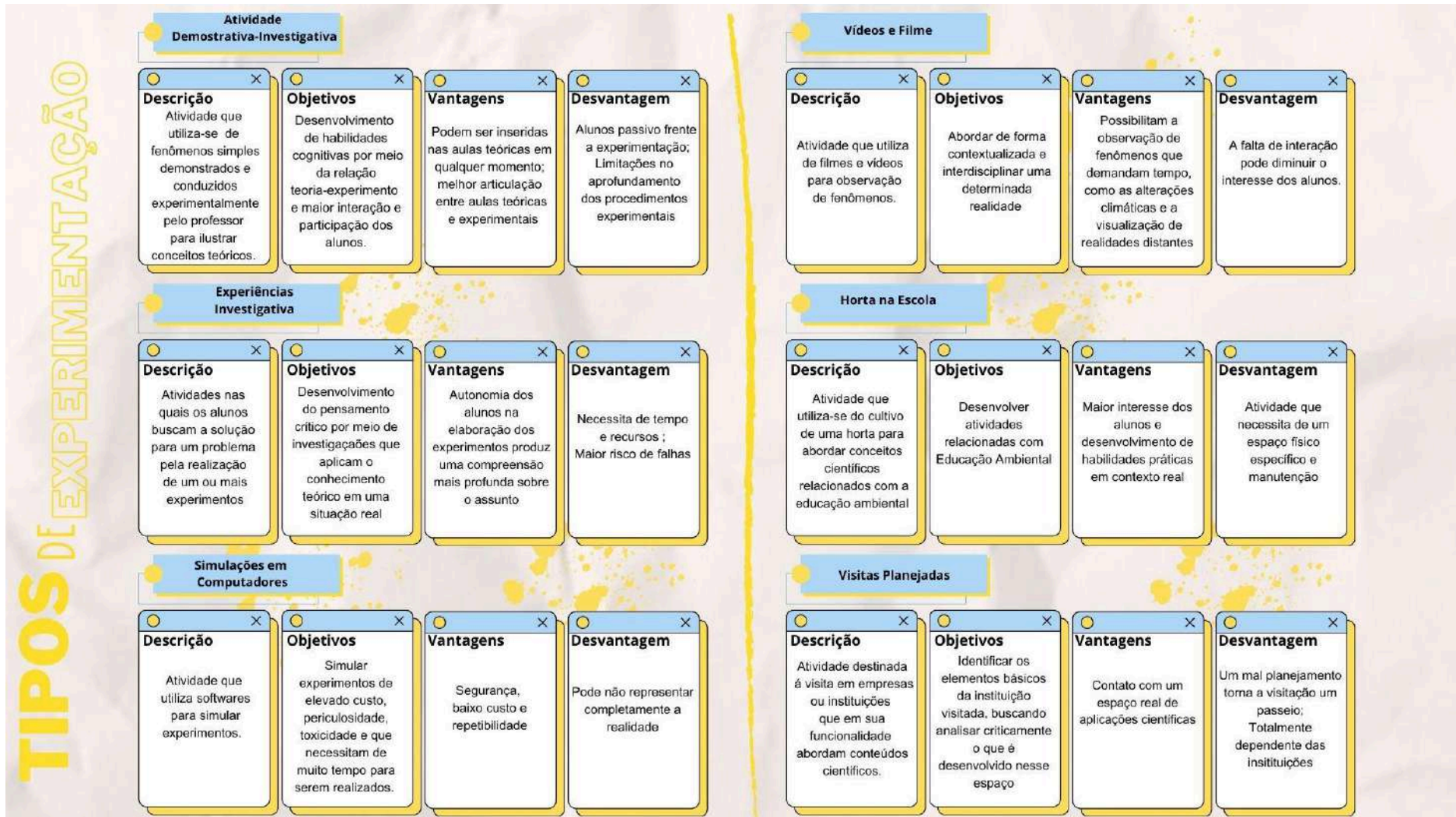


**Figura 21.** Tipos de Experimentação. **Fonte:** Desenvolvido fundamentado em Silva, Machado e Tunes (2010)

Como apontado na figura anterior, o principal obstáculo na inserção da experimentação como uma estratégia didática não está relacionada à crença da necessidade de um espaço físico específico, como um laboratório. Esse tipo de atividade vai muito além do desenvolvimento de experimentos empíricos, com uma pluralidade de espaço em que elas podem acontecer. Assim, as principais limitações estão relacionadas com a necessidade de um saber específico docente e um bom planejamento para serem conduzidas adequadamente, para que seja possível explorar as principais vantagens de cada uma delas e atingir o objetivo proposto pela experimentação (Silva; Machado; Tunes, 2010).

Em uma outra perspectiva, existem concepções alternativas que apoiam que a simples experimentação garante a aprendizagem efetiva dos alunos. De acordo com Silva e Zanon (2000) existem sete concepções principais, sendo elas: *I) A atividade experimental ser intrinsecamente motivadora*: a simples realização de experimentos que seguem roteiros, ao invés de motivar os estudantes, gera o desinteresse; *II) A promoção incondicional da aprendizagem por meio da experimentação*: a discussão apenas a nível macroscópico negligenciado a sua relação com o nível submicroscópico ou com a significação desses níveis com o cotidiano do alunos, torna a aprendizagem e a motivação pouco efetiva; *III) A realização de experimentos que se limitam à apresentação de fenômenos impactantes, tais como explosões, liberação de gases coloridos ou cheiros característicos, resulta em maior interesse em aprender*: a realização desse tipo de experimento mesmo que desperte o interesse dos estudantes, direciona seu interesse apenas para o aspecto fenomenológico do experimento; *IV) Os alunos declaram gostar de ir para o laboratório ou de realizar qualquer atividade experimental*: está relacionada ao deslocamento até o laboratório e o próprio ambiente ser um espaço com mais interação e menos rigidez; *V) A existência de metodologia criativa e/ou dinâmica nas aulas experimentais, diferente das teóricas, estimula mais o aprendizado*: essa é uma visão distorcida do papel da experimentação, a qual acaba dissociando teoria e experimento; *VI) A realização de experiências no ensino básico permite o desenvolvimento de atitudes científicas*: está relacionada com a possibilidade dos alunos terem como atitude científica um único método infalível que pode ser aplicado em qualquer aspecto, e que como consequência levam eles a uma visão distorcida de uma ciência neutra; *VII) A experimentação mostra empiricamente como as teorias funcionam*: reduz o fenômeno apenas a uma demonstração empírica de uma verdade oculta da natureza.

Para se afastar desses obstáculos que reduzem a potencialidade da experimentação como estratégia, é necessário ter clareza da diferença entre todos os tipos de experimentação e qual o papel de cada uma no Ensino de Ciências. Dessa maneira, para superar o senso comum, no qual o papel da experimentação está condicionado a seu caráter motivador e ilustrador, são necessárias propostas de atividades experimentais que transcendam esse caráter (Leite, 2018; Silva; Machado; Tunes, 2010). Para Gonçalves e Goi (2020) a utilização de atividades investigativas é uma forma de superar esse caráter, além de promover uma aprendizagem reflexiva com uma visão mais dinâmica e correta da NC, com o desenvolvimento de senso crítico dos estudantes frente à tomada de decisões elaboradas por esse tipo de atividade.

Previamente à exploração da estratégia didática das Atividades/Experiências Investigativas, faz-se necessário diferenciá-las das Sequências de Ensino por Investigação (SEI). Enquanto a SEI é uma proposta didática que tem objetivo desenvolver conteúdos científicos, sendo classificada como uma metodologia por estar no plano teórico e possuir concepções próprias do processo de ensino e aprendizagem, as experiências investigativas se caracterizam como uma estratégia por ser direcionada ao cumprimento dos objetivos de aprendizagem e não carregar concepções próprias sobre o processo educacional, sobre a visão de ciência, visão de mundo, entre outras. Ou seja, uma atividade investigativa pode ser utilizada por qualquer metodologia, e a SEI pode utilizar qualquer estratégia para atingir seus objetivos (Alves; Bego, 2020; Carvalho, 2018).

De acordo com Carvalho (2018) às atividades investigativas podem se apresentar de várias formas diferentes, sendo as principais: *I) Laboratório Aberto; II) Demonstração Investigativa; III) Textos Históricos; IV) Problematização e Questões abertas e V) Recursos Tecnológicos*. Com todos esses tipos possuindo como o objetivo principal estabelecer um ambiente capaz de trazer os conhecimentos prévios dos alunos para se ancorar aos novos conhecimentos. A premissa é que os alunos possam elaborar as próprias ideias e discuti-las com os colegas e professores (Carvalho, 2004).

A principal experiência investigativa são os laboratórios abertos, que são atividades experimentais na qual os alunos buscam uma solução para um problema, realizando um ou mais experimentos para validar ou refutar suas hipóteses, atividades essas que requerem obrigatoriamente o uso de um laboratório. Um dos métodos para desenvolver essa atividade é seguindo as etapas: *I) Propor um problema*: formulação de uma pergunta que desperte o interesse dos estudantes; *II) Identificação e exploração das ideias dos estudantes*: com as

hipóteses dos alunos para solucionar problema inicial o professor deve discutir coletivamente as concepções relacionadas com o problema e privilegiar as que possam ser validadas em laboratório; *III) Elaboração de um plano de ação*: com as principais hipóteses selecionadas deve-se construir roteiros experimentais para testá-las; *IV) Experimentando o que foi planejado*: coleta de dados por meio dos experimentos propostos; *V) Analisando os dados coletados*: etapa para organização dos dados coletados utilizando a linguagem científica; *VI) Respondendo à pergunta inicial*: etapa na qual os alunos devem validar ou refutar suas hipóteses de acordo com os dados coletados e organizados (Silva; Machado; Tunes, 2010).

Como elucidado anteriormente, os laboratórios abertos também possuem como principal objetivo criar condições de liberdade intelectual para que os alunos tenham uma participação sem o medo de cometer erros (Silva; Machado; Tunes, 2010). No entanto, Carvalho (2018) destaca que em situações observadas na prática, a simples utilização de atividades investigativas não garantem um ambiente adequado para atingir esse objetivo, argumentando que:

Quando existiam possibilidades de ocorrência de situações argumentativas, na grande maioria das vezes, isto decorria somente na fala do professor, isto é, o professor fazia questões, muitas vezes questões interessantes, mas não esperava as respostas dos alunos. Em outras palavras, o professor não dava liberdade intelectual para os alunos pensarem e responderem as questões, ele mesmo respondia em continuação à exposição do conteúdo. (Carvalho, 2018, p.767)

Logo, dois conceitos que são essenciais para criação de um ambiente propício para se atingir os objetivos das atividades investigativas são: o que é “um bom problema” e os “graus de liberdade intelectual”. O primeiro conceito ganha importância devido ao seu papel de despertar o interesse inicial dos alunos sobre o conteúdo que vai ser abordado, bem como abrir o primeiro espaço para argumentações sobre o problema. Assim, se define como um bom problema aqueles que possuem as seguintes características: *I)* fornece condições para os alunos levantarem hipóteses que resolvam e expliquem o fenômeno; *II)* concede condições para os alunos relacionem o que aprenderam com o mundo real e utilizem esses conhecimentos em outras disciplinas; *III)* transforme ações manipulativas (elaboração e teste de hipóteses) em ações intelectuais (raciocínio proporcional e construção da linguagem científica); e *IV)* possibilitem a construção de explicações causais e legais (conceitos e leis) (Carvalho, 2018).

Por outro lado, o conceito de graus de liberdade intelectual está relacionado com a autonomia que os alunos possuem dentro de uma atividade investigativa, ou seja, quais são as

etapas determinadas pelo professor e as que os alunos têm liberdade para decidir. Existem dois extremos em relação a esses graus: um totalmente fechado e outro totalmente aberto em relação à liberdade intelectual dos alunos. O primeiro se remete aos laboratórios de ensino de ciência tradicional, com todos os aspectos especificados pelo professor ou por um roteiro experimental, em que os estudantes realizam apenas coleta de dados para confirmar a teoria estabelecida a priori. O segundo extremo é caracterizado pela liberdade total dos alunos, no qual cabe a eles todas as decisões, desde a formulação do problema inicial até a sua solução (Borges, 2002). Essa relação entre os dois extremos dos graus de liberdade é apresentada na Figura 22:



**Figura 22.** Extremos dos Graus de Liberdade Intelectual.

**Fonte:** Adaptado de Borges (2002, p. 22).

Com a figura 22, é possível perceber que os graus de liberdade intelectual do aluno são determinantes para sua postura frente a uma atividade experimental. Com sua liberdade restrita, o objetivo dele é comprovar os conteúdos passados pelo professor que na maioria das vezes já possuem uma resposta correta, levando os alunos muitas vezes a alterar os dados experimentais para serem equivalentes aos pré-estabelecidos. Já com total liberdade, o aluno pode escolher o que deseja explorar sem o medo de errar a resposta, focado totalmente na investigação (Borges, 2002).

É possível perceber que existe uma variação gradual entre os dois extremos, indicando diferentes graus de liberdade intelectual do aluno, indo desde o totalmente livre ao totalmente restrito. Esses diferentes graus se organizam de acordo com a distribuição da responsabilidade

de cada etapa, desencadeando um grande número de possibilidades para a divisão das tarefas controladas pelo professor ou pelos alunos (Borges, 2002).

Decorrentes das inúmeras possibilidades, Carvalho (2018) propõem cinco classificações para os graus de liberdade intelectual, especificados em relação à divisão das tarefas entre professor e aluno, como mostrado no Quadro 3:

**Quadro 3.** Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.

|                   | Grau 1 | Grau 2     | Grau 3     | Grau 4     | Grau 5     |
|-------------------|--------|------------|------------|------------|------------|
| Problema          | P      | P          | P          | P          | A          |
| Hipóteses         | P      | P/A        | P/A        | A          | A          |
| Plano de trabalho | P      | P/A        | A/P        | A          | A          |
| Obtenção de dados | A      | A          | A          | A          | A          |
| Conclusões        | P      | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe |

**Fonte:** Carvalho (2018, p. 768).

O Grau 1 e o Grau 5 são, respectivamente, os extremos “totalmente restrito” e “totalmente livre” já discutidos. Entre eles é possível identificar a variação na liberdade dos alunos, como por exemplo no Grau 2, em que os alunos participam da discussão das tarefas de elaboração de hipóteses, plano de trabalho e conclusão, mas com o professor como orientador. No grau 3, é possível perceber uma maior liberdade dos alunos na elaboração do plano de trabalho, mas ainda sob a supervisão do professor. Por fim, uma atividade no grau 4 geralmente é utilizada em classes acostumadas com atividades investigativas, com o professor desempenhando o papel de apresentar o problema e discutir coletivamente as conclusões (Carvalho, 2018).

Os graus de liberdade e a escolha de um bom problema são os dois principais cuidados na elaboração de uma atividade investigativa, pois sem um bom problema a exploração dos fenômenos que o circunda pode ser superficial. Além disso, para cada grau de liberdade é necessário um preparo específico do professor e dos alunos. Como é observado nos graus 1 e 2, o raciocínio todo vem do professor, tornando-se necessário que ele conheça os problemas que originam o conhecimento científico para evitar obstáculos para o processo de ensino e aprendizagem, com os alunos precisando apenas compreender a linha de raciocínio proposta pelo professor. A partir do grau 3, o raciocínio intelectual ativo vem dos alunos, no entanto, é necessário que estes estejam familiarizados com atividades investigativas, e do professor é

necessário que sejam capazes de orientar a argumentação por meio de perguntas didáticas, científicas, epistêmicas e com conhecimento técnico para evitar acidentes (Borges, 2002; Carvalho, 2018).

Dessa forma, conhecendo o papel de cada tipo de experimentação no Ensino de Ciências e a importância dos graus de liberdade nas atividades investigativas, é possível evitar seu uso apenas com caráter ilustrativo e motivador. Assim, é possível atingir os objetivos propostos com a utilização adequada de cada tipo de experimentação, aproveitando ao máximo todas as potencialidades da experimentação como estratégia didática.

### **4.3 Caso Investigativo**

#### **4.3.1 Fundamentos e desenvolvimento da Estratégia didática: Caso Investigativo**

No caminho para ruptura com uma aprendizagem não significativa, gerada por meio de um ensino tradicional/tecnicista/espontaneísta descontextualizado do cotidiano dos alunos, foi discutido que a utilização de estratégias didáticas na qual os alunos consigam estabelecer relações com sua realidade e possuam um papel ativo, é uma das alternativas para se obter uma aprendizagem significativa. Com isso, além da experimentação, outra estratégia didática que pode ser implementada com essa finalidade, por aproximar os alunos de situações reais que enfrentam ou enfrentaram na sua vida profissional, são os Casos Investigativos (CI), também denominados na literatura como Estudo de Caso (EC). Esse trabalho adotou terminologia CI, para favorecer a distinção entre a estratégia e o desenho de pesquisa também denominada Estudo de Caso (Moreira, 2006; Primo, 2023).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou *Problem Based Learning* (PBL) foi precursora e base para o desenvolvimento da estratégia CI, sendo responsável pela concretização do método de ensino baseado em histórias. A ABP emergiu da necessidade de preparar estudantes de cursos de medicina para enfrentar situações reais da profissão. A proposta da ABP para suprir essa necessidade é o desenvolvimento obrigatório de três etapas: *I)* identificação e definição do problema a ser estudado; *II)* busca e seleção das informações importantes para resolução da problemática proposta; *III)* resolução do problema e apresentação da solução (Francisco, 2018; Sá; Queiroz, 2010).

O primeiro registro da utilização de CI como uma estratégia didática ocorreu no final do século XX, no curso Direito de Harvard. Como os CI aspiram envolver os estudantes em

contextos reais, que futuramente vão lidar em sua vida profissional, eram utilizados para descrever histórias de pessoas em situações criminais e civis, nos quais os alunos deveriam propor soluções baseadas em raciocínios judiciais. Os alunos do curso de direito deveriam debater e tomar uma decisão com base na jurídica para solucionar o CI (Francisco, 2018).

Embora os cursos de medicina e direito possuam um longo histórico com a utilização de CI, o uso dessa estratégia não era muito comum no Ensino de Ciência. Esse fato decorria das divergentes opiniões entre os professores da área. Alguns defendiam o uso de CI para proporcionar o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, e outros se opõem à utilização, devido à maior demanda de tempo. Assim, o CI ganharam notoriedade na área de ensino de ciência e começam a ser mais adotados como estratégia apenas na década de 90, devido a criação da seção *The Case Study* em uma das revista mais relevantes da área, a *Journal of College Science Teaching* (Sá; Francisco; Queiroz, 2007; Herreid, 1994; Herreid, 2008).

Além disso, existem diferenças entre os CI utilizados nos cursos de medicina e direito com os empregados para o ensino de ciências. Primeiramente, a principal diferença entre o CI no ensino de ciência e ABP dos cursos de medicina é relacionada com a sua implementação, com a ABP geralmente orientando todo o curso universitário e CI podendo ser utilizado em momentos pontuais. A diferença do curso de direito está no desenvolvimento dos CI, no qual nesses casos geralmente são desenvolvidos de forma fechada e possuem uma resposta correta para solução, enquanto na área de ciência os alunos possuem um maior grau de liberdade para investigar a resolução do problema proposto pelo caso (Herreid, 1997; Queiroz; Cabral, 2016).

Assim, é possível destacar sete principais vantagens da utilização de CI como estratégia didática no ensino de ciência, que são: *I)* desenvolvimento da capacidade e pensamento crítico; *II)* desenvolvimento da facilidade na resolução de problemas, específicos ou gerais, do cotidiano; *III)* desenvolvimento da oralidade e da escrita; *IV)* desenvolvimento da habilidade de trabalho em equipe; *V)* introdução de conteúdos da disciplina com mais eficiência e aplicabilidade; *VI)* estimular e aprimorar a capacidade dos alunos de agirem e tomarem decisões diante de um problema; *VII)* demonstração de diversos conceitos teóricos articulados com a prática (Sá; Queiroz, 2010).

Para Sá e Queiroz (2010), o CI pode ser entendido como uma estratégia didática que pode ser aplicada em qualquer área do conhecimento, sendo constituído em torno de uma

situação real ou simulada sobre dilemas que necessitam de uma tomada de decisão. Com os CI oferecendo aos estudantes a oportunidade de investigar aspectos científicos e sócio-científicos, direcionado sua própria aprendizagem.

Além das suas vantagens, outro aspecto que favorece a ampla utilização dos CI, é sua adaptabilidade para o contexto de aprendizagem, na qual podem apresentar mudanças na estrutura e em sua forma de aplicação. Em relação aos tipos de estrutura é possível destacar três classificações de acordo com o problema apresentado, sendo elas: *I) Caso Estruturado*: dentro do contexto da história o problema a ser resolvido é apresentado de forma clara; *II) Caso Mal Estruturado*: o problema a ser resolvido está na história, mas não de uma maneira clara e direta, com os estudantes tendo que buscar primeiramente qual é o problema a ser resolvido, e em seguida buscar as melhores soluções; *III) Caso de Múltiplos problemas*: o problema principal está relacionado com vários outros problemas secundários que devem ser , assim. Para solucionar o problema principal os alunos devem obrigatoriamente solucionar os secundários (Sá; Queiroz, 2010).

O outro aspecto que é adaptável é a forma de aplicação de um CI, em resumo pode-se classificar em seis principais, sendo elas: *I) Método de leitura*: nessa forma o professor assume um papel de narrador de histórias, geralmente sendo apenas uma aula expositiva, na qual os alunos possuem um papel passivo; *II) Método de discussão*: forma clássica para aplicação de CI, na qual o professor assume um papel de orientador, realizando um interrogatório aos alunos para discutir o caso, com os alunos possuindo um papel ativo frente a discussão; *III) Casos individuais*: nessa forma o professor propõe uma atividade na qual o aluno deve escrever um diálogo entre dois personagens sobre um tema polêmico, no final o aluno deve se posicionar sobre o tema abordado (Herreid, 1994); *IV) Método caso direito*: essa aplicação consiste com o professor relatando a história do caso e esclarecendo as perguntas que devem ser respondidas para solucionar o problema. Os alunos devem solucionar esse caso de forma individual, se baseando nas aulas sobre o tema e por meio de pesquisas bibliográficas, ao final, o professor discute com a sala toda as propostas apresentadas (Cliff; Wright, 1996); *V) Casos de simulação em computador*: essa forma ocorre por meio de casos interativos com computadores que criam múltiplos cenários de simulação, no qual os alunos possuem de tempo suficiente para realizar pesquisas, discutir e propor uma resolução em uma plataforma computacional. Nesse tipo de aplicação, o professor pode orientar a discussão e dar suporte aos alunos à distância (Bergland, 2006); *IV) Métodos de*

*pequenos grupos*: essa forma de aplicação visa agrupar os alunos em pequenos grupos, que em colaboração devem ler e discutir a narrativa e problemática do caso. Os grupos realizam um levantamento dos principais tópicos do caso para serem trabalhados mais profundamente, de forma a solucionar a problemática central (Herreid, 1998).

Apesar das diversas formas de intervenção com o CI, a literatura, nas últimas décadas, esclarece apenas as vantagens do uso pelos métodos de pequenos grupos frente ao método de leitura, com poucos estudos abordando a comparação da eficácia entre os outros métodos. No entanto, mesmo que nem todas sejam comparadas, algumas pesquisas são capazes de mostrar superioridade na retenção de aprendizagem de abordagens após um período de tempo (Johnson; Johnson; Smith, 2006).

Herreid (2011) propõe para as abordagens mais utilizadas, a porcentagem da retenção de aprendizagem após um período de seis semanas. Com o método de leitura com uma faixa de retenção de 4% à 8%, seguido do método de discussão com 20% à 45%, os casos individuais com uma retenção de 45% a 65%, e por fim, os casos de pequenos grupo com uma faixa de 60% à 90%. Porém, é importante ressaltar que a retenção da aprendizagem não depende exclusivamente da abordagem escolhida para sua aplicação, deve-se considerar o tema tratado, a faixa etária e tempo dedicado de estudos dos alunos e o método avaliativo.

Dessa forma, a utilização de CI no Ensino de Ciência apresenta grande potencialidades decorrentes das vantagens supracitadas. No entanto, para explorar essas vantagens e evitar a redução do CI a um mero passatempo, é necessário um bom planejamento para escolher a melhor estrutura e forma de intervenção para as condições da sala de aula. Com isso, todas as estruturas e abordagens podem atingir o objetivo final de proporcionar uma aprendizagem ativa e auto dirigida (Herreid, 2011).

#### **4.3.2 Explorando características de um bom CIs e seu uso como atividade investigativa**

Com a definição dos diversos tipos de estruturas e formas de intervenção de um CI, outro fator importante para analisar é se um caso consegue explorar suas potencialidades e atingir os objetivos propostos. Assim, um caso de qualidade para ser utilizado no Ensino de Ciências deve incorporar certas características. Herreid (1998) propõe onze características que um bom caso deve possuir, apresentadas na Figura 23:

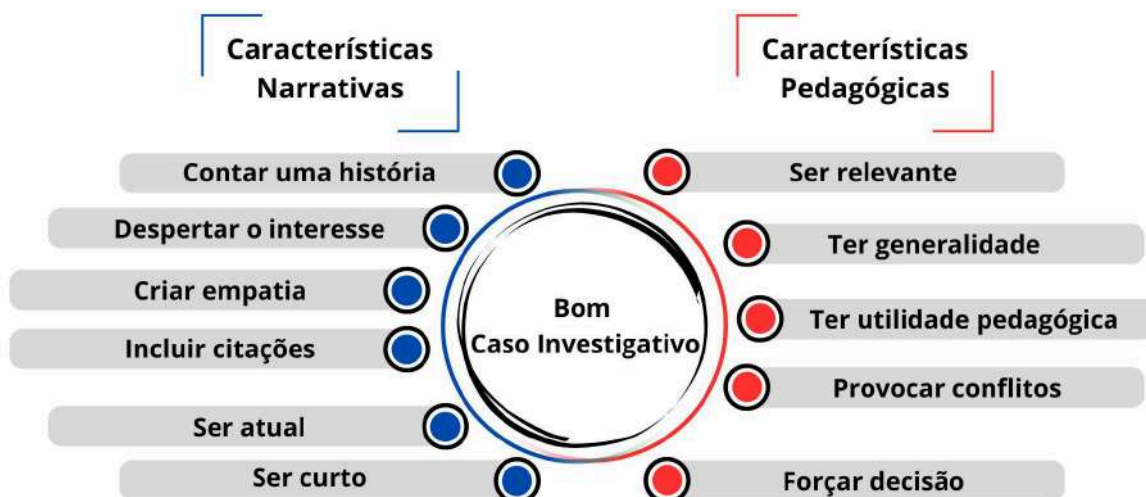


**Figura 23.** Características de um bom CI.

**Fonte:** Desenvolvido fundamentado em Herreid (1998)

Com as onze características apresentadas, neste trabalho optou em classificá-las em duas categorias, características narrativas e pedagógicas. Com a primeira se referindo a elementos estruturais e narrativos do CI, que podem ser um guia na hora de se elaborar um caso, e a segunda relacionada a elementos que podem influenciar, além atividade criativa de desenvolvimento do texto, no processo de ensino-aprendizagem. Com a categorização proposta, apresenta-se como o autor explora cada uma delas nos Quadros 4 e 5:

**Quadro 4.** Descrição das características categorizadas como narrativas.

| Características Narrativas   | Descrição                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Contar uma história</b>   | Um CI deve possuir um enredo interessante com começo, meio e fim, que se relacione com as experiências do público. Com o fim sendo feito pelos próprios alunos enquanto discutem sobre o CI.                                                       |
| <b>Despertar o interesse</b> | Para despertar o interesse um CI deve possuir uma história realmente viva, fugindo de histórias artificiais. Possuindo também aspectos como drama, suspense e um bom problema, para que chamem a atenção dos alunos e os faça imergir na história. |
| <b>Criar empatia</b>         | Essa característica é necessária para tornar o enredo mais envolvente. Além de que ao atribuir personalidade aos personagens da história, as decisões dos alunos podem ser influenciadas por essa personalidade.                                   |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Incluir citações</b> | Incluir citações auxilia os estudantes a entender a situação vivenciada pelos personagens e colabora com a empatia por eles. As citações acrescentam vida e drama em qualquer caso.                                                              |
| <b>Ser Atual</b>        | Um CI deve ser atual, para que o problema proposto por ele aparente ser um problema da realidade vivenciada pelos alunos. Um caso é considerado atual, se o tema abordado está em um intervalo de tempo de cinco anos.                           |
| <b>Ser curto</b>        | Relacionado com o tempo de atenção que os alunos possam interesse sem se tornar tedioso. Um caso deve buscar o equilíbrio entre ser longo o suficiente para incluir todos os fatos e o mais curto possível para não perder a atenção dos alunos. |

**Fonte:** Desenvolvido fundamentado em Herreid (1998).

**Quadro 5.** Descrição das características categorizadas como pedagógicas.

| <b>Características Pedagógicas</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ser relevante</b>               | O tema abordado pelo CI deve envolver situações que os alunos conhecem ou podem enfrentar em seu cotidiano. Essa característica também auxilia a melhorar a empatia do caso e claramente algo que vale a pena estudar.                                |
| <b>Ter generalidade</b>            | O problema proposto pelo CI deve ter sua aplicabilidade generalizada, ou seja, o caso não pode tratar de um problema específico de um local, mas de problemas universais.                                                                             |
| <b>Ter utilidade pedagógica</b>    | Um caso deve refletir em sua construção com elementos que contribuam para formação acadêmica ou social dos alunos. Sendo necessário definir qual é seu papel na educação dos alunos de certo curso, e com isso encontrar a melhor maneira de fazê-lo. |
| <b>Provocar conflitos</b>          | Um caso deve provocar conflitos sobre o problema, pois só assim é possível discutir a solução para o problema com várias perspectivas.                                                                                                                |
| <b>Forçar uma decisão</b>          | Um bom caso força uma tomada de decisão, obrigando com que os alunos enfrentem os dilemas propostos. Assim, em algum momento o leitor do caso deve decidir sobre as escolhas imposta pelo caso ou desenvolvidas por eles.                             |

**Fonte:** Desenvolvido fundamentado em Herreid (1998).

Com a descrição de cada uma das características, é possível explorar a escolha da categorização realizada. Primeiramente a categoria das características narrativas, que podem estar relacionadas com elementos estruturais ou elementos narrativos do texto. As características “Incluir citações” e “Ser curto” estão relacionadas aos elementos estruturais por afetar diretamente a organização do CI, enquanto, as características “Ser atual”, “Contar uma história”, “Despertar o interesse” e “Criar empatia” estão relacionadas com os elementos narrativos do CI, sendo fundamentais para potencializar o processo de ensino e aprendizagem.

A segunda categoria criada é das características pedagógicas, com as características de “Ser relevante” e “Ter generalidade” estando relacionados com o conteúdo que o CI aborda, e com o papel pedagógico de aproximar os conteúdos científicos com os conhecimentos prévios dos alunos, assim essas características realizam uma contextualização do conteúdo e auxiliam no desenvolvimento de habilidades durante o seu processo de formação. Ademais, a problemática deve ser ampla o suficiente para que o discente possa usar em outros contextos, inclusive de forma crítica em sua vida cotidiana em sociedade. As características de “Provocar conflito” e “Forçar uma decisão” se relacionam com uma característica pedagógica por criar um ambiente de discussão no qual o aluno tem um papel ativo, construindo e reconstruindo seu conhecimento para gerar a melhor solução para a problemática abordada pelo CI. Por fim, a última característica é a “Ter utilidade pedagógica” que intrinsecamente está preocupada em fazer do CI uma boa estratégia didática.

Essas onze características foram investigadas de acordo com a percepção de aproximadamente 1300 professores que são adeptos a utilização do CI como estratégia didática. Sendo classificado como menos importante a característica “ser curto”, com média de 3 à 5 páginas sendo considerado o ideal. A característica de “Provocar conflito” foi elencada como a mais importante, devido a seu papel de trabalhar o pensamento crítico dos alunos (Herreid, 2012).

De maneira geral, um CI que possua essas características é capaz incentivar a formulação de problemas, a investigação, a persuasão e o ensino de ciência, sendo classificado como um bom CI (Francisco, 2018). Com a descrição de todas as características de um bom caso, Herreid (1998, p.165, tradução livre<sup>9</sup>) conclui:

---

<sup>9</sup> A good case has ambiguities and it requires space to give a richness of texture to a story. The audience never knows how it will all come out, and that is at least half of the magic. And this half of the magic matters greatly in the classroom where the case will be "solved." If uncertainty, richness, and options are one half of the magic of a good case, what is the other half? I would argue it is the realism that is captured in the story line. The best cases conjure up the sounds, smells, and sights

Um bom caso tem ambiguidades e requer espaço para dar uma riqueza de textura à história. O público nunca sabe como tudo vai sair, e isso é pelo menos metade da magia. E essa metade dos assuntos mágicos na sala de aula é onde o caso será “resolvido”. Se a incerteza, a riqueza e as opções são metade da magia de um bom caso, qual é a outra metade? Eu diria que é o realismo que é capturado na história. Os melhores casos evocam sons, cheiros e paisagens definindo os protagonistas...deve ser real o suficiente para fazer o leitor acreditar que vale a pena resolver o problema e se importar com o que a solução deve ser.

Ainda relacionado a qualidade de um bom CI, é importante ressaltar que casos podem ser classificados como atividades investigativas do tipo “Problemas e questões abertas”. Assim, outro fator importante para determinar sua qualidade é se o caso possui um “bom problema”. Contudo, é necessário diferenciar um problema experimental trabalhado na seção anterior, dos problemas abertos presentes no CI. Em atividades experimentais os problemas são utilizados para introdução de conceitos e sistematização de dados, enquanto em atividades como o CI, os problemas são utilizados para que os alunos aprendam a encontrar variáveis que podem interferir na solução da problemática (Carvalho, 2018).

Um bom problema para questões abertas é definido por Carvalho (2018), como aquele que: *I)* concede condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo; *II)* concede condições para determinarem as variáveis que influenciam nas hipóteses levantadas; *III)* concede condições para os alunos relacionem o que aprenderam com o mundo real e utilizem esses conhecimentos em outras disciplinas.

Da mesma forma de outras atividades investigativas, o CI como uma atividade de resolução de problemas, pode apresentar diferentes graus de liberdade dependendo do tipo de intervenção escolhida para sua aplicação. Com os possíveis graus de liberdade para esse tipo de atividade apresentados no Quadro 6:

---

besetting the protagonists [...]But it must be real enough to make the reader believe the problem is worth solving and care what the solution should be.

**Quadro 6.** Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades de resolução de problemas.

|                        | Grau 1            | Grau 2         | Grau 3         | Grau 4         | Grau 5         |
|------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Problema               | P                 | P              | P              | P              | A              |
| Hipóteses              | P                 | P/A            | A/P            | A              | A              |
| Resolução do problema  | A                 | A              | A              | A              | A              |
| Análise dos resultados | (quando existe) P | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe |

**Fonte:** Carvalho (2018, p. 769).

A primeira observação a se realizar é que, independentemente do grau de liberdade, a resolução do CI sempre é realizada pelos alunos e, quando existem análises dos resultados, essa pode ocorrer em conjunto com a classe toda. Os dois primeiros graus são os que os alunos possuem menor liberdade intelectual. O grau de liberdade um se relaciona, geralmente, com intervenções com pouca participação ativa dos alunos, como os CI que optam por uma intervenção pelo método de leitura, com o professor realizando a leitura do caso e apresentando o problema e possíveis hipóteses. A função dos alunos é apenas resolver a problemática central. No grau dois é possível identificar um movimento de participação dos alunos, com esse grau podendo ser relacionado com o método de discussão, no qual o problema é apresentado pelo professor, contudo discussão para o levantamento de hipóteses começa a ter a participação efetiva dos alunos (Carvalho, 2018; Herreid, 1994).

Nos últimos três graus de liberdade, os alunos começam a ter um papel mais ativo e preponderante, até alcançarem total liberdade. O grau três, geralmente, está associado ao método direto, com o professor apresentando o problema do caso. Os alunos devem elaborar hipóteses, ainda sob a supervisão do professor. O grau quatro está comumente relacionado com método dos casos individuais, sendo observado um maior grau de liberdade dos alunos, pois a função do professor é apenas apresentar o problema. Por fim, o grau cinco é o de total liberdade intelectual, no qual devida a maior liberdade dos alunos pode ser relacionado com a implementação do CI pelo método de pequenos grupos, no qual os alunos devem juntos ler o CI, encontrar os possíveis problemas e propor as hipóteses de soluções para esses problemas (Carvalho, 2018; Cliff; Wright, 1996; Herreid, 1994).

Dessa forma, para classificar um CI como bom é necessário observar vários fatores, tal como apresentar as características de um bom caso e um bom problema, propostas na literatura. Além disso, é necessário lembrar que CI se enquadram como atividades investigativas que possuem graus de liberdade intelectual, variando de acordo com o tipo de intervenção escolhida. Assim, na elaboração de casos é relevante se atentar a esses fatores, garantindo a produção de um caso eficaz que consiga explorar todas as potencialidades dos CI como uma estratégia didática.

#### 4.3.3 Elaboração de Casos Investigativos

Com toda a discussão acerca sobre as estruturas de um CI, formas de intervenção, características de um bom caso e características de um bom problema, é possível discorrer sobre a elaboração de um caso bem estruturado e eficaz para um melhor aproveitamento como estratégia didática.

Segundo Herreid (2019), antes de iniciar a elaboração de um caso é necessário se atentar a sete fatores, sendo eles: *I)* Conhecer o público alvo; *II)* Determinar os conteúdos científicos que se pretende ensinar; *III)* Determinar os objetivos que se pretende alcançar; *IV)* Avaliar a estratégia de intervenção do CI; *V)* Determinar as ações necessárias para os alunos resolverem o CI; *VI)* Identificar os recursos necessários para resolução do CI; por fim, *VII)* Pensar como será a avaliação.

Com as considerações iniciais propostas por Herreid realizadas, é possível iniciar a elaboração de um CI. De acordo com Sá e Queiroz (2010), a elaboração de um caso pode ser realizada seguindo as seguintes etapas:

- I.* **Escolha do assunto principal a ser destacado no CI:** o tema abordado pelo caso deve estar relacionado com a disciplina em que ele será aplicado e deve envolver problemáticas atuais;
- II.* **Elaboração de uma lista com todos os conceitos/habilidade/atitude que se pretende abordar utilizando o CI:** é necessário relacionar por meio de questões e situações todos os aspectos a serem desenvolvidos e explorados;
- III.* **Elaboração de uma lista dos possíveis personagens do CI:** com a intenção de gerar realismo e empatia, é necessário criar personagens completos com personalidade e características próprias;

**IV. Elaboração de uma série de questões para discussão em sala de aula:** para o desenvolvimento do pensamento crítico é necessário realizar discussões que acontecem após a resolução do CI.

A elaboração de um caso por meio da execução dessas etapas, auxiliam em estruturar um caso refinado para um melhor aproveitamento pedagógico das potencialidades do CI. Além dessas etapas, Herreid (2002) propõe sugestões de elaboração de um caso com uma leitura mais fluída, sendo elas: *I)* Não focar apenas em fatos; *II)* Incluir vários pontos de vista; *III)* Destacar o interesse humano; *IV)* Usar diálogos; *V)* Incluir linguagem informal; *VI)* Usar frases curtas; *VII)* evitar expressões extensas; e por último, *VIII)* Ter um começo chamativo.

Nessa mesma perspectiva, contribuições mais atuais de Herreid (2018), propõem sugestões para a elaboração de um caso com uma melhor escrita, sendo elas: *I)* Deixar o diálogo mover a história; *II)* Não usar adjetivos e advérbios; *III)* Usar aspas em posição específicas para indicar quem está falando; *IV)* Evitar o uso de nomes nos diálogos; e *V)* Interromper os discursos longos e se atentar para que não fique um diálogo artificial.

Por fim, uma proposta mais recente de etapas para elaboração de um caso foi realizada por meio da releitura das características de um “bom caso”. Francisco (2022), propõe a categorização das onze características em primárias/centrais e secundárias/complementares. Na elaboração de um caso as características primárias são “ser relevante”, “contar uma história”, “provocar conflito” e “resolver um problema, que estruturam todo o eixo principal de criação do CI, com as secundárias sendo “despertar o interesse”, “criar empatia”, “ser curto”, “ser atual”, “ter citações”, “ter generalidade”, “ter função pedagógica” e “forçar uma decisão”, que desempenhando um papel de complementar as primárias.

As etapas para elaboração de um caso proposto por Francisco (2022), são:

- I.* Escolher um tema relevante e transformá-lo em uma história: essa história deve despertar o interesse, criar empatia e ser curta;
- II.* Provocar um conflito no meio da história: utilizar de diálogos e citações dos personagens sobre assuntos atuais;
- III.* Inserir um problema a ser resolvido: esse problema deve ser generalizável e com a sua investigação e resolução requerendo a compreensão de conhecimentos científicos e forçando uma decisão.

Um esquema dessas etapas pode ser observado na figura 24:

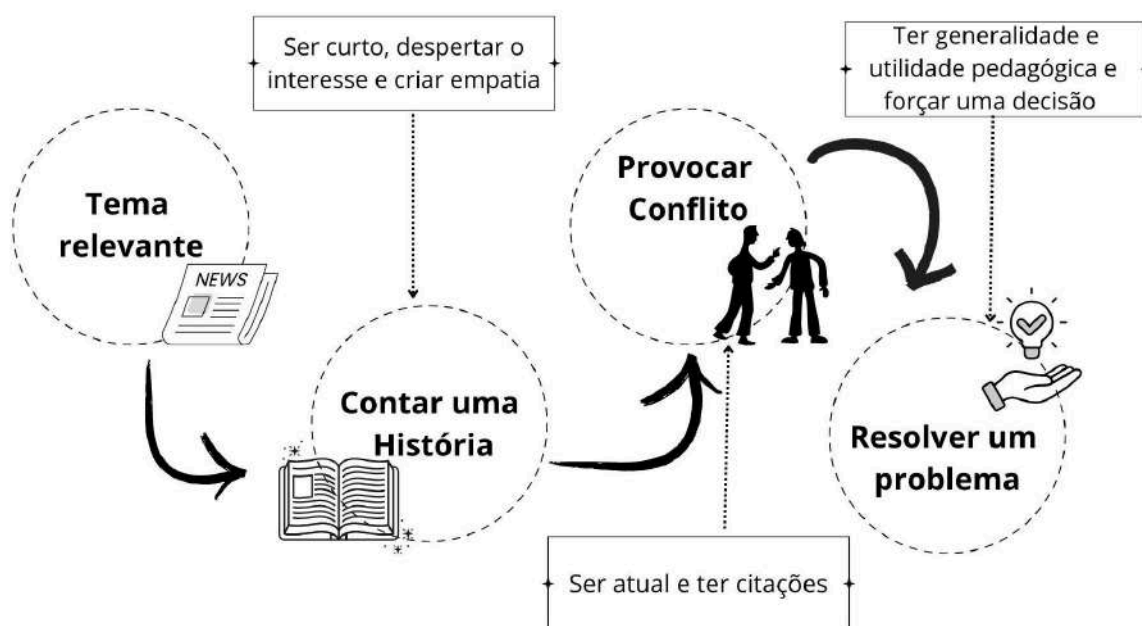


**Figura 24.** Diagrama da sequência de inserção das características para escrever um caso.

**Fonte:** Adaptado de Francisco (2022, p. 194).

Portanto, para elaboração de um caso investigativo deve-se atentar a vários elementos estruturais, narrativos e pedagógicos, além disso é importante que o caso proponha um “bom problema”. Com isso, a utilização dos métodos de elaboração proposto é possível se obter um CI bem estruturado que consiga explorar todas as vantagens da utilização de um caso como estratégia didática.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta desse projeto de pesquisa foi a elaboração de uma sequência didática fundamentada na metodologia CTSA e a elaboração de estratégias didáticas que auxiliam o desenvolvimento da mesma. Com isso, os principais resultados obtidos é primeiramente o desenho da sequência didática e como ela prevê seguir as diretrizes CTSA, seguidos da apresentação dos materiais produzidos e suas avaliações.

### 5.1 Sequência CTSA

A SD elaborada, com fundamentos CTSA, foi proposta para cursos de licenciatura de áreas afins à química, com o objetivo de melhorar a apropriação dos conteúdos científicos relacionados à temática do álcool em gel e suas aplicações, assim como todas as tensões econômicas e sociais associadas a sua produção, comercialização e distribuição. Com a SD possuindo uma característica multiestratégia em suas atividades, o tempo estimado para seu desenvolvimento completo é de quatro aulas de 2 horas cada. A proposta final da SD pode ser observada na Figura 25:



**Figura 25.** Sequência das atividades da SD proposta.

**Fonte:** Elaboração própria.

A SD foi sistematizada da seguinte forma, a primeira aula é a intervenção com um o CI; a segunda aula é destinada para desenvolvimento da aula expositiva e dialogada; a terceira aula a realização da prática investigativa; e, por fim, a SD se encerrada na quarta aula com um debate dirigido acerca de todo conteúdo trabalhado nas aulas anteriores e com a resolução da problemática do CI. A esquematização dessa SD com seus objetivos de aprendizagem para cada aula podem são apresentadas no Quadro 7:

**Quadro 7.** Objetivos de aprendizagem da SD proposta.

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                  |              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Título da SD</b>   | Para além das fórmulas: explorando o ensino sobre a produção de álcool em gel com uma perspectiva CTSA                                                                                                                                                   |                                                                                                                  |              |
| <b>Objetivo da SD</b> | Ao final desta SD os alunos devem avaliar conjecturas associadas à falta de álcool em gel durante períodos de crises, criticando as receitas de álcool caseiras, as desinformação infundadas na ciências e as relações de poder envolvidas na sociedade. |                                                                                                                  |              |
| <b>Aulas da SD</b>    | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Estratégia didática e de avaliação</b>                                                                        | <b>Tempo</b> |
| <b>1</b>              | Ao final desta aula os alunos devem lembrar da problemática da falta de produtos antissépticos em períodos de crises, reconhecendo a importância do álcool em gel produzido adequadamente.                                                               | Caso Investigativo.<br>Os alunos serão avaliados segundo a argumentação inicial apresentada para resolução do CI | 2 horas      |
| <b>2</b>              | Ao final desta aula os alunos devem entender os principais conceitos associados ao composto orgânico álcool, comparado às suas diferentes concentrações em relação a sua eficiência como agente antisséptico e desinfetante.                             | Aula expositiva dialogada.<br>Não haverá uma avaliação formal nessa atividade.                                   | 2 horas      |
| <b>3</b>              | Ao final desta aula os alunos devem aplicar os conhecimentos previamente adquiridos relacionados ao tema da SD, executando procedimentos experimentais para produção de um álcool em gel adequado para finalidade antissépticas.                         | Roteiro investigativo.<br>A avaliação consistirá na resolução das perguntas da seção refletindo do roteiro.      | 2 horas      |
| <b>4</b>              | Ao final desta aula os alunos devem avaliar a situação problema apresentada pelo CI, criticando os principais erros da receita caseira de álcool em gel e as relações                                                                                    | Debate dirigido.<br>A avaliação ocorrerá por meio do documento de resolução do CI.                               | 2 horas      |

|  |                                  |  |  |
|--|----------------------------------|--|--|
|  | de poder presentes na sociedade. |  |  |
|--|----------------------------------|--|--|

**Fonte:** Elaboração própria

Contudo, além dos objetivos de aprendizagem proposto pela SD existem os objetivos propostos pela própria metodologia CTSA. Assim, para que a SD proposta possa ser considerada adequada para atingir os objetivos propostos pela abordagem metodológica, emerge a necessidade de validar se a SD contempla o método proposto por Aikenhead (1990).

Conforme o abordado, o principal método para implementação da metodologia CTSA consiste em cinco etapas: *I*) uma questão social é introduzida; *II*) uma tecnologia relacionada ao tema social é analisada; *III*) o conteúdo científico é definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; *IV*) a tecnologia correlata é estudada em função do conteúdo apresentado; e por fim, *V*) a questão social original é novamente discutida (Aikenhead, 1990). A SD elaborada é orientada por esse método, com as estratégias didáticas servindo para auxiliar no desenvolvimento dos objetivos de ensino e aprendizagem. Essa relação entre as etapas do método e aulas que compõem a SD é apresentada na Figura 26:

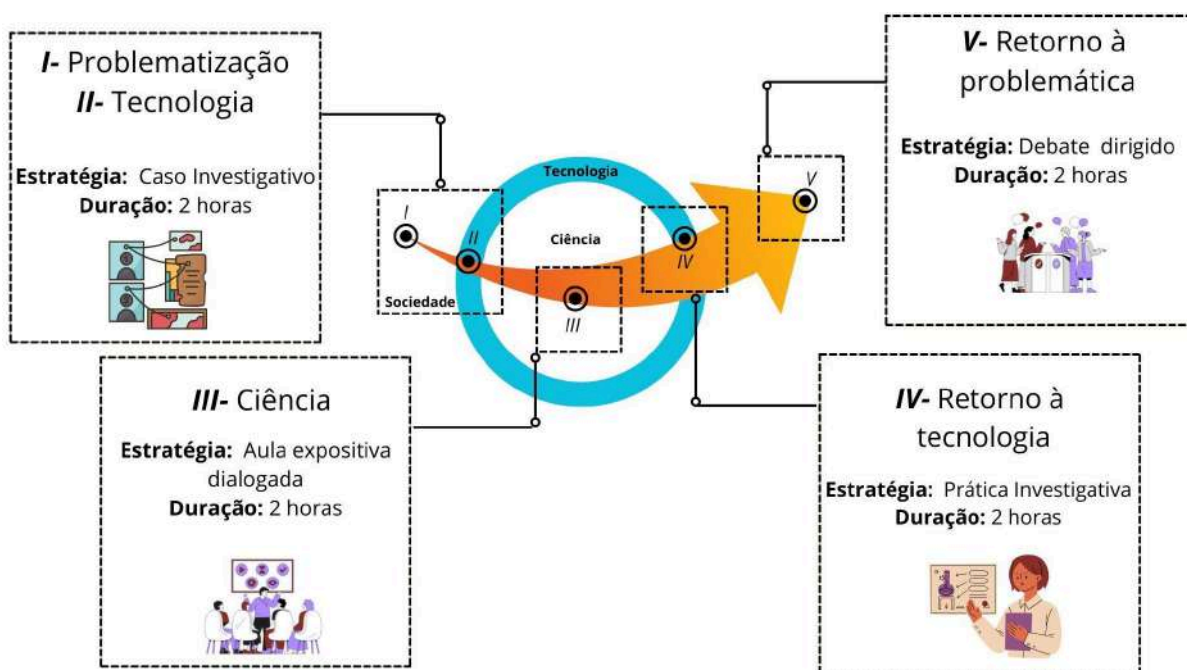


**Figura 26.** Sequência das aulas da SD de acordo com as etapas do método CTSA

**Fonte:** Elaboração própria.

Com a Figura 26 acima, é possível identificar que a SD utiliza de inúmeras estratégias didáticas e, com elas, se torna possível seguir de forma eficiente o método proposto pela metodologia CTSA. Para contemplar as etapas (I) e (II) do método, optou-se pela implementação de um CI, o qual possui o potencial de aproximar os alunos de uma situação da realidade e despertar o interesse em relação a problemática a ser tratada, assim, uma excelente maneira introduzir a problemática social e apresentar a tecnologia de estudo, o álcool em gel (Sá; Queiroz, 2010).

A etapa (III) trata dos conteúdos propriamente científicos, no qual o professor possui um papel essencial para que os alunos se apropriem do conhecimento sistematizado cientificamente, por conta disso, utilizou-se da estratégia de uma aula expositiva e dialogada. A etapa (IV) é o retorno à tecnologia estudada após uma perspectiva científica, com isso optou-se pela estratégia de um roteiro investigativo, na qual os alunos devem sintetizar por meio de uma investigação científica a tecnologia associada a SD, o álcool em gel.

Por fim, a etapa (V) é o retorno a problemática social introduzida na primeira etapa, que para ser atingida é proposto a utilização de um debate dirigido que auxilie os alunos a organizarem os conhecimentos científicos adquiridos, assim, possibilitando que os alunos proponham soluções que interrelacionam os conteúdos científicos, tecnológicos e sociais abordados ao longo da SD, os capacitando para tomarem a melhor decisão frente a resolução do problema exposta pelo CI.

Adotar esse método assegura que os conteúdos considerados CTSA sejam trabalhados na SD proposta, no entanto, o grau de ênfase nesse conteúdo deve ser considerado de acordo com alguns fatores. O primeiro deles é identificar em qual área do conhecimento a metodologia será utilizada, com áreas científicas possuindo uma necessidade de não reduzir os próprios conhecimentos a complementar os conteúdos CTSA, e outro fator é o tempo que metodologia está presente, variando desde momentos pontuais em aulas até guiar uma disciplina inteira. Assim, a SD proposta é identificada no nível três definido como a *“Incorporação sistemática de conteúdo de CTSA ao conteúdo programático”*, pois o foco principal é o conteúdo científico acerca dos conceitos associados ao álcool acrescidos de debates CTSA (Aikenhead, 1994).

Portanto, a SD elaborada segue rigidamente o método proposto por Aikenhead (1990). Além disso, a SD está estruturada por meio de várias estratégias didáticas ativas que desempenham um papel específico em cada etapa do método, assim, favorecendo que os

objetivos propostos pela SD e pela metodologia sejam alcançados. Duas dessas estratégias foram planejadas por meio de materiais didáticos elaborados nesta pesquisa, com isso nas próximas seções será apresentado o resultados da produção do CI e do roteiro investigativo, discutindo suas principais características de acordo com a literatura especializada.

## 5.2 Caso investigativo “O gel da confusão: entre receitas e proteção”

O CI elaborado nesta pesquisa é intitulado de “O gel da confusão: entre receitas e proteção”. O objetivo deste CI é a contextualização e problematização necessárias na primeira etapa do método CTSA e a apresentação da tecnologia relacionada a ser estudada, a segunda etapa do método. Além disso, com a resolução da problemática proposta por esse CI prevista para a última aula da SD, colabora com o retorno da problemática inicial estipulada na última etapa.

A temática abordada neste CI trata sobre a tecnologia álcool em gel, carregando em sua problematização a falta e produção errada desse produto em períodos de crises do sistema de saúde. A trama central proposta pelo CI explora uma situação vivenciada por muitas pessoas durante o auge da pandemia do *COVID-19*, o desabastecimento de álcool em gel antisséptico para comercialização. Assim, o CI retrata a história de dona Maria, uma idosa que pertenciam a zona de risco dessa doença que também vivenciou esse problema, a levando a uma situação de decisão crucial, entre a compra de um produto superfaturado ou a produção caseira contraproducente. O CI elaborado é apresentado na íntegra no Quadro 8:

**Quadro 8.** Texto elaborado para o Caso Investigativo.

### **O gel da confusão: entre receitas e proteção**

Dona Maria é uma senhora de 82 anos de personalidade forte e teimosa que, por estar no grupo de risco da *COVID-19*, está em quarentena há seis meses. Em mais uma manhã, enquanto sua cuidadora da noite prepara o café, antes de deixar seu posto, escuta resmungos mal-humorados vindo da sala onde dona Maria lia a seguinte notícia que acabava de receber no *WhatsApp*:



Aproximando-se, com o café da manhã em uma bandeja, ela vê a expressão de raiva no rosto de dona Maria e a pergunta:

**Helena:** - Bom dia Dona Maria, aqui está o Café da manhã da senhora. Notícias ruins essa manhã? (*Perguntou com ar de curiosidade*).

**Dona Maria:** - Só Deus sabe que minha saúde já não está aquelas coisas e em um momento como esses, que todos deveriam se ajudar, cada um só pensa em si mesmo. Todos começaram a estocar álcool em gel e papel higiênico e agora está faltando nos mercados e nas farmácias. Quando consegue encontrar, está a um preço absurdo. O meu álcool em gel acabou ontem, estou desesperada! (*Gritando*) Estava esperando meu neto Pedrinho acordar para buscar um frasco, mas com esse preço não existe aposentadoria que consiga pagar!

**Helena:** - Calma Dona Maria, no grupo das enfermeiras do *WhatsApp* me mandaram uma receita caseira de álcool em gel que rende quase um litro e só precisa de dois ingredientes.

**Dona Maria:** - QUE MARAVILHA (*aliviada*), finalmente uma noticia boa essa manhã, envia lá no meu zapzap.

**Helena:** - Deixa eu ver como faz isso. Nunca consigo fazer as coisas nesse celular (*Inconformada*). Na receita vai usar 500 mL álcool e três colheres de gel de cabelo. Você coloca aos poucos esses 500 mL e vai misturando. Dá até para vender e faturar um extra.

**Dona Maria:** - UAI, mas será que eu consigo fazer sozinha?

**Helena:-** Consegue sim! É super fácil e barato para fazer e, às vezes, fica até mais potente do que esses de mercado. E é muito confiável, porque você sabe o que colocou na receita. Se tiver dúvidas dá uma olhada lá no vídeo do ZAP:



**Dona Maria:** - Obrigada Helena. A hora que Pedrinho acordar eu mando ele buscar os ingredientes. Tenha um bom descanso e até amanhã.

Seguindo a rotina de um adolescente de 15 anos, que virou a noite jogando com os amigos, Pedrinho levanta por volta das 11h da manhã para almoçar. Chegando na cozinha ele pergunta:

**Pedrinho:** - Bom dia, vó. O que a Helena deixou de rango?

**Dona Maria:** - Bom dia? *(Respondeu Maria ainda irritada)* Está mais para boa tarde. Seu almoço está no microondas.

Pedro se senta para almoçar. Enquanto isso, Dona Maria revive toda sua indignação pelas notícias recebidas, em um ar de alívio fala:

**Dona Maria:** - Ainda bem que temos a Helena, ela me passou uma receita de álcool em gel que vai apenas dois ingredientes.

**Pedrinho:** - Ingredientes? Vai fazer um bolo por acaso? *(perguntou sarcasticamente)*

**Dona Maria:** - Agora você quer saber mais que uma enfermeira que sempre lida com esse tipo de problema, Pedro? Preciso comprar para fazer a receita!

**Pedrinho:** - Jamais, o que tenho que comprar?

**Dona Maria:** - Vou precisar de 500 mL de álcool líquido e gel de cabelo.

Pedrinho anotou os produtos e foi ver sua aula. Ele teve aula de química e biologia, as quais tinham como tópicos unidades de medidas, diluições e resistências de antibióticos. Em sua visita ao mercado percebeu que o álcool podia ser encontrado em duas unidades, em porcentagem (%) e em grau (GL°). Para evitar deixar a avó mais brava, ligou para perguntar qual deles deveria pegar.

**Pedrinho:** - Vó, qual o álcool que a senhora precisa?

**Dona Maria:** - ORA Pedro, de álcool de posto que não é, né? Você não precisa saber o que é um álcool. Álcool é aquele vidro que está escrito álcool!

**Pedrinho:** - Mas vó, tem um monte desse tipo aqui. Você precisa do 46° GL, 70°GL, 70% ou 92% ?

**Dona Maria:** - O que são esses números? Eu preciso de álcool! *(Irritada)* No vídeo ela diz que é qualquer um, então, pega o mais barato.

**Pedrinho:** - O mais barato? A senhora já erra nas receitas de culinárias que copia da internet e agora vai arriscar em algo que é para proteção? *(gritando)*

**Dona Maria:** - MOLEQUE! *(gritando)* Se quer tanto me proteger, então, pega o mais forte e pronto. Anda logo, estou te esperando.

Pedrinho ainda não estava satisfeito, pois ele se recordava das aulas da tarde de química e biologia e indagava sobre a eficiência do álcool produzido por essa receita. Preocupado em produzir um álcool em gel que protegesse de verdade sua vizinha, resolveu voltar para casa para pesquisar melhor. Chegando em casa, sua avó vem com dois frasco na mão toda animada :

**Dona Maria:** - OLHA AQUI PEDRINHO *(Falou entusiasmada mostrando dois frascos de corante)*. Peguei um corante azul e um vermelho para você não acabar com todo o meu álcool em gel!

**Pedrinho:** - Então, vizinha do meu coração, eu comprei só o álcool 70%, porque esse eu tenho certeza que mata os vírus! (*respondeu com medo*)

**Dona Maria:** AAA SEU MOLEQUE! (*falou enraivecida*). Se for para usar o álcool líquido, é melhor usar o vinagre que tem aqui em casa!

**Pedrinho:** Vinagre? (*perguntou espantado*) Vou fazer uma pesquisa na internet hoje e tirar umas dúvidas com meus professores na aula de amanhã. Eu mesmo vou produzir esse álcool! Você trata de lavar bem suas mãos e nada de ficar fofocando pelo portão hoje!

Pedrinho deixou sua avó na sala bufando de raiva e foi até seu quarto. Pegou um pedaço de papel e começou a anotar algumas dúvidas. Preocupado em tomar a decisão correta ele preferiu tirar a dúvida no grupo da matéria de química do *WhatsApp*. Enviando a seguinte mensagem:




**Química - 1º Ano B**  
 Pedrin, Você





Hoje


 As mensagens e as chamadas são protegidas com a criptografia de ponta a ponta e ficam somente entre você e os participantes desta conversa. Nem mesmo o WhatsApp pode ler ou ouvi-las. Toque para saber mais.

Pedrin

Oii professor e colegas, tudo bem com vocês? Eu estou tentando fazer álcool em gel para minha avó, pq os preços estão o olho da cara!! Só que não tenho certeza que a receita de misturar álcool líquido com gel de cabelo funciona, vocês sabem? E anotei outras dúvidas aqui, poderiam me ajudar a responder para ver se compensa pagar um pouco mais caro no álcool em gel pronto ou fazer eu mesmo? Segue as dúvidas:

Pedrin

O que é um álcool e o que muda em suas diferentes unidades de medida?

---

O álcool e o vinagre líquido combate o vírus da mesma forma?

Pq o álcool líquido é diferente do em gel?

---

Como é feito o álcool industrial e quais teste comprovam sua eficiência?

---

Se a indústria está produzindo mais não era para estar mais barato?

---

A pandemia é um caso de saúde pública, pq o governo não ajuda pessoas da zona risco como minha vó?

---

14:01

**Assumindo o papel de professor de pedrinho e considerando as dúvidas que ele compartilhou:**

Seria recomendável aconselhar Pedrinho a produzir seu próprio álcool em gel seguindo suas orientações? Ou seria mais prudente recomendar que ele compre um álcool em gel pronto, considerando a garantia de procedimentos químicos adequados?

**Fonte:** Elaboração própria.

A intervenção proposta para o CI dentro da SD é o método clássico de discussão, na qual o professor pode orientar as argumentações provocando os alunos com perguntas que o CI deixou em aberto, como: “o que é um álcool?”, “o que difere as unidade de medida de um álcool?”, “qual a diferença de um álcool líquido e em gel?”, “qual o motivo da concentração ideal para o fim antisséptico ser 70%?”, entre outras questões que auxilie o professor a verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre esse conteúdo. Dessa forma, a aplicação do CI é essencial para cumprir com as duas primeiras etapas do método do CTSA, além de tornar possível o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Essas, permitem promover uma ancoragem adequada dos novos conhecimentos científicos que se deseja ensinar (Aikenhead, 1990; Herreid, 1994; Moreira, 2011).

Com a apresentação do CI, sua forma de intervenção e os resultados esperados com sua utilização, é possível identificar que ele é promissor dentro da SD proposta. Contudo, faz-se necessário análise, de acordo com a literatura especializada, para identificar se ele possui todas as características de um bom caso. Com essa finalidade utilizou-se as onze características propostas por Herreid (1998) no artigo “*What makes a good Case?*”.

A primeira característica proposta é “*contar uma história*”, a qual determina que um bom CI investigativo deve possuir começo, meio e fim, com um enredo de interesse para o leitor e que se relacione com suas experiências (Herreid, 1998). O CI elaborado é constituído por uma história rica em detalhes, que descreve os personagens e suas personalidades e a situação vivenciada por eles. Além disso, o enredo explorado no CI se relaciona com os leitores por dois motivos, o primeiro relacionado com o fato deles terem vivenciado a pandemia retratada e pela parte propriamente científica trabalhada dentro da história, se relacionando com a futura profissão dos leitores.

A segunda característica proposta é “*despertar o interesse*”, essa que prevê que um bom CI é capaz despertar o interesse dos leitores, seja por meio de uma questão de interesse, ou de estratégias literárias que gerem curiosidade ou por meio de várias questões de interesse que aumentam de dificuldade progressivamente (Herreid, 1998). Considerando que o CI elabora tem sua aplicação prevista em curso de química e áreas afins, e que a questão em foco é a produção correta do álcool em gel e várias sub questões relacionadas com a substâncias química álcool e suas aplicações, é possível afirmar que o CI elabora é apto a despertar o interesse público alvo ao que se destina.

A terceira característica proposta é “*ser atual*”. Essa propõe que um bom CI deve criar a sensação de urgência para solucionar o problema proposto, ou seja, um problema presente na realidade do leitor ou que ao menos ele conheça, assim, propõe-se um intervalo de tempo de cinco anos para se considerar um CI como atual (Herreid, 1998). A história do CI produzido concentra-se na pandemia de *COVID-19*, um tema atual e que foi extremamente necessário para demonstrar a importância do desenvolvimento científico para a sociedade. Além disso, o período pandêmico resultou no surgimento de uma sociedade com novos hábitos em relação a utilização de antissépticos como o álcool em gel, com esse fato prolongando a atualidade do CI elaborado.

A quarta característica proposta é “*criar empatia entre o leitor e os personagens*”. Essa pode ser desenvolvida por meio da explicitação de atributos pessoais aos personagens, com essa característica possuindo o potencial de influenciar a decisão final do leitor (Herreid, 1998). O clímax do CI é a preocupação do neto Pedrinho em produzir um álcool em gel seguro, optando em enfrentar a ira da avó para protegê-la de maneira eficiente. Assim, é possível identificar que o CI possui a característica de empatia com a escolha do Pedrinho, já que a vivência dos leitores durante a pandemia os forçaram a tomarem decisões difíceis como o distanciamento social, para proteger seus entes queridos.

A quinta característica proposta é “*incluir citações*”. O bom CI deve possuir citações para dar vozes aos personagens durante a situação retratada, ou citações de documentos, assim, aumentando a veracidade da história e auxiliando a geração de empatia com os personagens (Herreid, 1998). Essa característica é facilmente identificada no CI elaborado, que é majoritariamente constituído por citações diretas dos personagens, além de trazer citações na forma de notícias de jornal e vídeos reais da internet.

A sexta característica proposta é “*ser relevante ao leitor*”, a qual prevê que um bom CI deve envolver situações as quais os leitores conhecem ou vão enfrentar em suas vidas pessoais ou profissionais, assim, essa característica define que a temática a ser tratada deve possibilitar que o leitor possua conhecimento o suficiente para resolver o problema proposto (Herreid, 1998). O tema principal do CI elaborado é a produção de um composto orgânico de maneira eficiente e correta, assim, com o público alvo sendo estudante de cursos de química e áreas afins, o CI se torna de extrema relevância para o leitor. Além disso, o CI retrata temáticas secundárias como o combate a *fake news* e a desinformação de temas científicos, que também são de relevância para futuros cientistas.

A sétima característica é “*ter utilidade pedagógica*”. Um bom CI é aquele que possui um objetivo de ensino bem definido, ou seja, é utilizado com um função específica que contribua para formação acadêmica e social do leitor (Herreid, 1998). Como já elucidado, o CI elabora possui um objetivo de ensino bem definido dentro da SD proposta, o de introduzir a problemática social e apresentar tecnologia associada, auxiliando em um processo de ensino e aprendizagem significativa acerca dos conteúdos científicos relacionados ao álcool em gel.

A oitava característica é “*provocar conflito*”, ou seja, um bom CI possui opiniões divergentes sobre as possíveis soluções para o problema proposto, assim, é esperado que o CI provoque conflitos em relação a essas controvérsias (Herreid, 1998). A principal problemática proposta pelo CI elaborado é a decisão do neto Pedrinho entre comprar um álcool em gel comercializado ou ajudar a avó a produzir um caseiro. Com isso, o principal conflito que previsto para esse CI é na discussão se qualquer pessoa pode produzir um álcool em gel com segurança, com argumentações que podem favorecer que pessoas não instruídas cientificamente são capazes de seguir uma receita, e outras que defendem que para uma produção de uma substância química segura é necessário o mínimo de instrução na área.

A nona característica é “*forçar uma tomada de decisão*”, a qual determina que um bom CI direciona em algum momento uma urgência para que o leitor tome uma decisão com seriedade sobre o problema proposto (Herreid, 1998). A tomada de decisão proposta no CI elabora é a decisão se os leitores devem ajudar o neto Pedrinho a produzir um álcool em gel caseiro ou orientá-lo a comprar um comercializado.

A décima característica é “*ser passivo de generalizações*”, essa que define que um CI muito específico para um contexto acaba sendo pouco útil, assim, um bom CI é aquele que possui uma gama de utilização em outros contextos. Mesmo com a temática do CI elaborada sendo específica para o momento da pandemia, ele possui uma aplicabilidade generalizável para trabalhar conceitos científicos do composto orgânico álcool. Além disso, o CI foi produzido fundamentado na metodologia CTSA, com isso permitindo que o CI seja utilizado para explorar conteúdos propriamente CTSA.

A última característica proposta é “*ser curto*”. O CI deve ser longo o suficiente para apresentar os fatos e curto o suficiente para não perder o interesse do autor, com uma extensão ideal de uma cinco páginas (Herreid, 1998; Herreid, 2012). De acordo com a variação de páginas consideradas ideal, o CI elaborado pode ser considerado curto por possuir três páginas.

Dessa forma, é possível identificar que o CI elaborado possui todas as características de um bom caso proposto pela literatura especializada. Além disso, o caso “O gel da confusão: entre receitas e proteção” foi aplicado em uma turma de professores em formação de química, na qual o contexto era verificar se os licenciandos compreenderam a estratégia didática CI e as onze características de um bom caso. Assim, outra validação para o CI elaborado como um bom caso, foi a avaliação das onze características por meio formulário com uma escala Likert, realizada por esses 24 alunos.

Decorrente da baixa familiaridade dos licenciandos que responderam o formulário, com a estratégia didática CI e as onze características de um bom caso, optou-se por uma escala Likert com uma gradação de cinco pontos, variando desde concordo totalmente até discordo totalmente, na qual eles tinham um espaço para justificar a sua escolha. A avaliação da primeira característica para o CI elabora é apresentada na Figura 27:

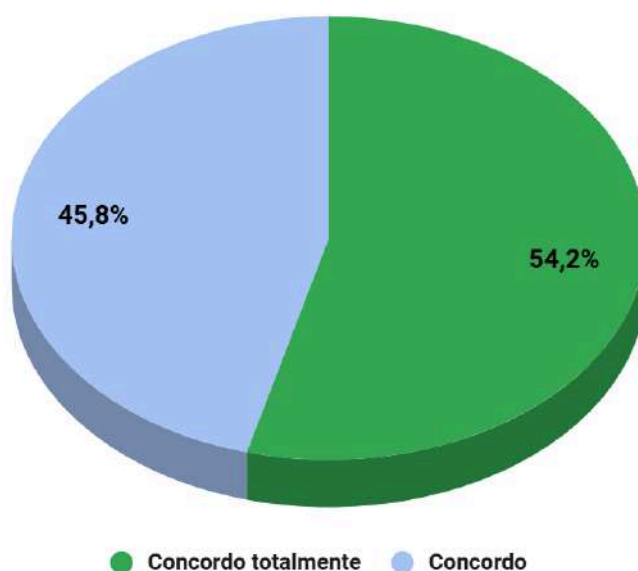


**Figura 27.** Características “*contar uma história*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Com o resultado apresentado pela figura 27 identifica-se que o CI elaborado possui a característica de “*contar uma história*”, proposta por Herreid (1998), com todas as respostas dentro da gradação de concordo ou concordo totalmente. Com as principais justificativas sendo apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** O caso conta uma história de forma linear com que faz com que os ouvintes fiquem envolvidos, ansiosos para o que vai acontecer.

**Justificativa 2:** Tem bastante detalhes, caracterização das personagens, é envolvente e engraçada.

A segunda característica proposta por Herreid (1998) é “*despertar o interesse*”, a qual o resultado obtido é apresentado na Figura 28:

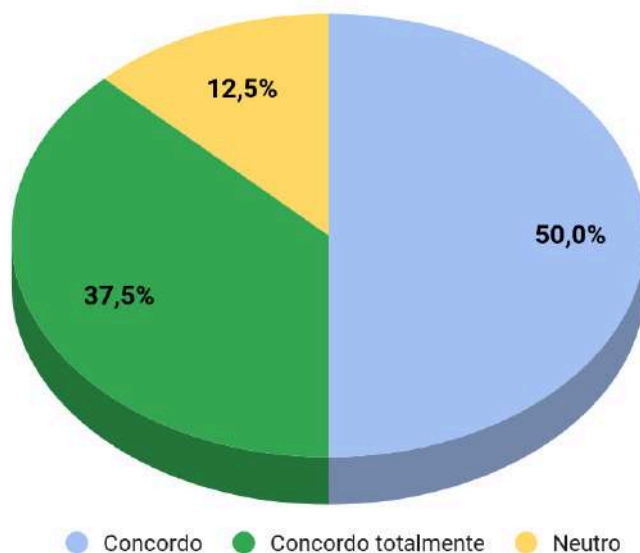


**Figura 28.** Características “*despertar o interesse*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Os dados quantitativos da figura 28 apontam predominantemente para as gradação de concordo e concordo totalmente, com apenas 3 respostas para gradação neutra. As principais justificativas para essa são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** Além de se tratar de um assunto químico de como produzir álcool em gel sem utilizar necessariamente álcool + gel, coloca o leitor no cotidiano recente por conta da pandemia, então faz todo o sentido de aprofundar uma questão de interesse para estudantes de química pós pandemia.

**Justificativa 2:** A história é envolvente e desperta interesse em saber qual será o desfecho. Por ser um assunto atual e muito comentado, o caso foca em uma questão relevante.

**Justificativa 3:** O caso apresenta uma questão que foi muito importante para o período pandêmico que aconteceu, bem como a produção de álcool em gel, mas não apresenta a profundidade de como realmente ocorre essa produção,

o caso apenas apresenta de maneira cômica o tema para criar uma empatia com o leitor.

Com os dados qualitativos apresentados nas principais justificativas obtidas para validação dessa características, é possível identificar que CI é capaz de despertar o interesse por meio de questões relevantes para os leitores como demonstra a justificativa (1), e por meio de estratégias literárias como apontam as outras duas justificativas, com apenas algumas críticas em relação a profundidade das discussões sobre o assunto. Dessa maneira, elencando que o CI é a etapa de introdução para SD proposta que deve aumentar a profundidade das discussões com o passar do seu desenvolvimento, é possível afirmar que a característica de “*despertar o interesse*” proposta por Herreid (1998) para um bom caso, é encontrada no CI elaborado. O resultado da terceira característica é apresentado na Figura 29:

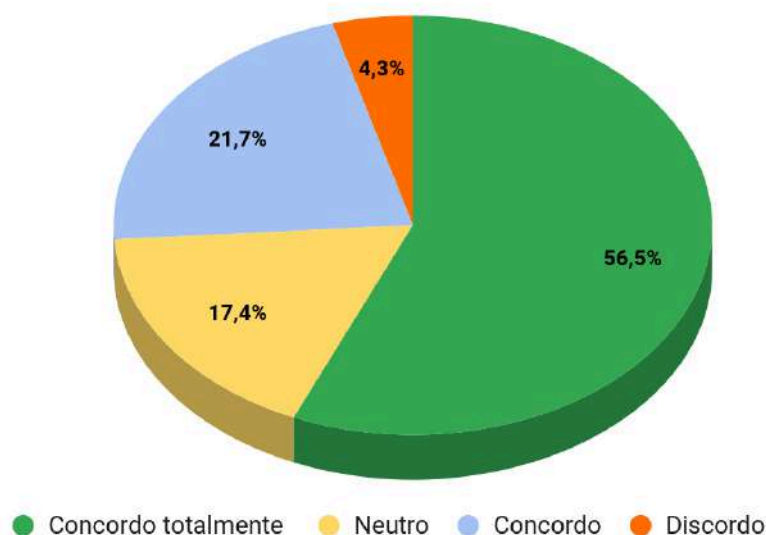


**Figura 29.** Características “*ser atual*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria

De acordo com a característica “*ser atual*” de um bom caso proposta por Herreid (1998), um caso é considerado atual em um intervalo de tempo de cinco anos, assim, é possível supor que o possível desconhecimento dessa informação possa ter levado à respostas nas gradações neutro e discordo. Com isso, com a temática abordada pelo CI estando dentro do intervalo de cinco anos e com os dados apresentados na figura 29, com uma porcentagem de aproximadamente 78,2% para as respostas de concordo totalmente e

concordo, é possível afirmar que o CI elabora detém essa característica. O resultado da avaliação da quarta característica é apresentada na Figura 30:

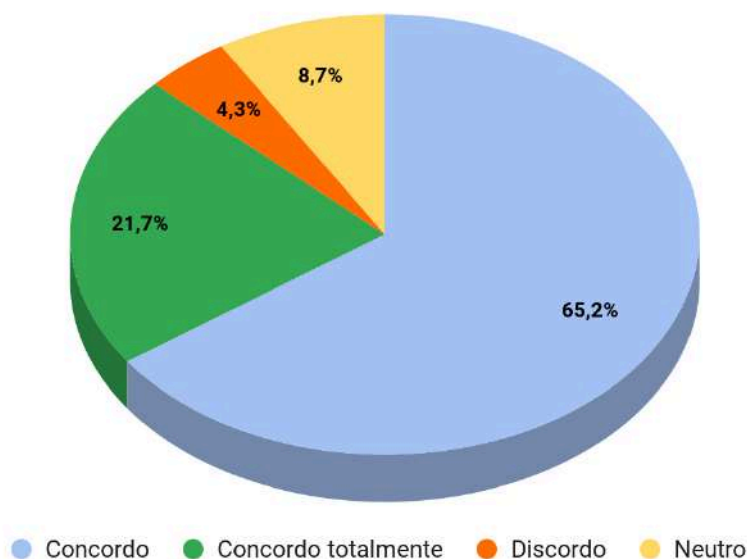


**Figura 30.** Características “criar empatia com os personagens” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Os dados quantitativos apresentados pela figura 30 mais uma vez é predominantemente com resposta nas alternativas de concordo totalmente e concordo, com as justificativas para essa escolha apontando para características pessoais dos personagens e a proximidade da situação retratada com as experiências dos leitores. As outras duas alternativas seguem uma linha de justificativa do CI investigativo gerar empatia com a situação, mas não com os personagens. As principais justificativas que elucidam o discutido são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** o caso gera uma certa empatia com a situação mas não com personagens específicos, vez que algumas falas não colaboram com essa empatia por gerar uma situação conflituosa.

**Justificativa 2:** O caso gera empatia, mas não de maneira tão profunda devido às falas dos personagens

**Justificativa 3:** os personagens refletem bem pessoas reais, o que gera uma familiaridade e empatia com a situação dos personagens, suas falas e ações.

**Justificativa 4:** gera uma certa vontade de resolver o caso para ajudar a Dona Maria, uma vez que foi um tema muito debatido durante a pandemia, a desinformação e a importância de ter ela.

**Justificativa 5:** Sim, acredito que os diálogos geraram uma aproximação com as personagens, visto que a situação narrada no caso é verossímil e bastante próxima da realidade observada na pandemia de coronavírus, bem como os diálogos foram construídos.

Com os dados qualitativos é possível observar um aspecto muito importante, para maioria leitores a maneira que os diálogos da história foram construídos foi um dos principais fatores de empatia com os personagens, contudo, a discussão retratada entre os personagens no CI foi um dos motivos para criar empatia pela situação, mas não criar empatia pelos personagens. De forma geral, de acordo com os dados quantitativos e qualitativos majoritariamente nas alternativas que caracterizam o CI como capaz de gerar empatia, é possível afirmar que o CI elabora possui a característica “*criar empatia com os personagens*” proposta por Herreid (1998). Outra característica avaliada foi a de “*incluir citações*”, com o seus resultados apresentados na Figura 31:

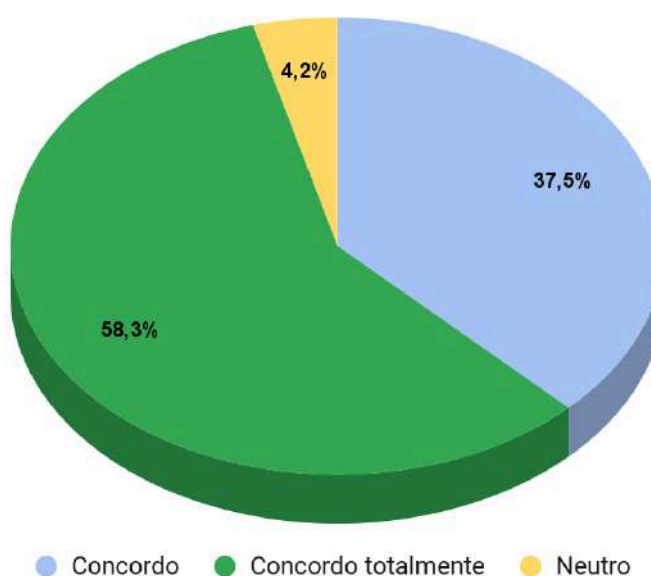


**Figura 31.** Características “*incluir citações*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Com o resultado apresentado pela figura 31 identifica-se que o CI elaborado possui a característica de “*incluir citações*” proposta por Herreid (1998), com cerca de 95,8% das respostas nas alternativas concordo ou concordo totalmente. Com as principais justificativas sendo apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** O caso soube trabalhar de maneira eficiente com o diálogo, mostrando os sentimentos dos personagens por meio das falas e envolvendo, por exemplo, diálogos por meio de uma rede social, aumentando o leque de possíveis diálogos.

**Justificativa 2:** O caso apresenta diálogos e citações que são relevantes para contextualizar a história e como ela se passa, o segmento de apresentar notícias e vídeos se faz interessante para trazer veracidade para o caso e torná-lo mais realista conforme com seu tema.

A sexta característica proposta por Herreid (1998) é “*ser relevante ao leitor*”, a qual o resultado da validação da mesma obtido é apresentado na Figura 32:

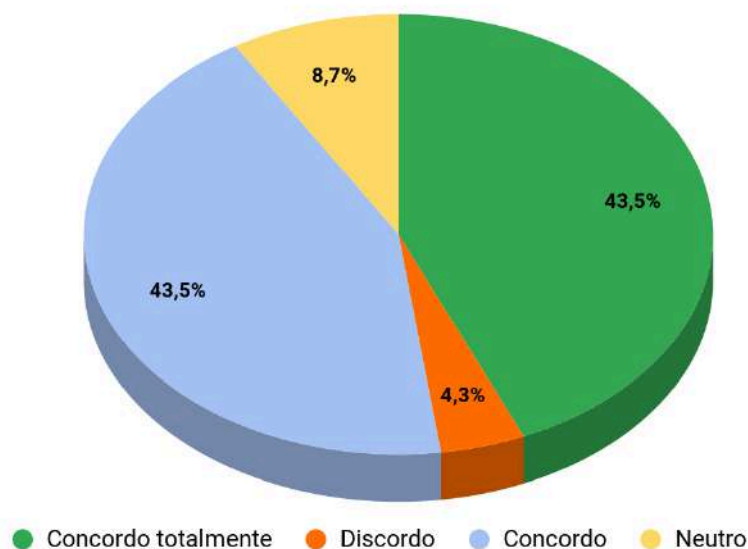


**Figura 32.** Características “*ser relevante ao leitor*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

O resultado obtido para essa característica é predominantemente a favor do caso possuir essa característica, com cerca de 87% das respostas nas alternativas concordo totalmente e concordo. As escolhas pelas outras alternativas foram justificadas, principalmente, por um fator individual, no qual o leitor não encontrou relevância para suas experiências. As principais justificativas desta característica são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** Pra mim não, mas pras outras pessoas eu não sei.

**Justificativa 2:** Relevante pela aproximação com a nossa realidade como estudante de química.

**Justificativa 3:** Sim, o caso é relevante para nós leitores, estudantes de Licenciatura em Química.

**Justificativa 4:** o caso tem relevância ao se considerar a produção de produtos da indústria química, assim como contextualizar uma situação em que um aluno tira dúvidas com professor e colegas, sendo assim, o caso é relevante aplicado à nossa situação como futuros docentes, e podendo também ser relevante para alunos.

A partir das justificativas apresentadas fica evidente que as alternativas de discordo e neutro não estão fundamentadas, enquanto, as justificativas para a escolha das alternativas concordo totalmente e concordo, apontam que os leitores conseguiram relacionar a questão central do CI com suas experiências e possíveis situações futuras da sua profissão. Assim, pode-se afirmar que o CI elabora detém a característica “*ser relevante ao leitor*” proposto por Herreid (1998). O resultado obtido para sétima características é apresentada na figura 33:

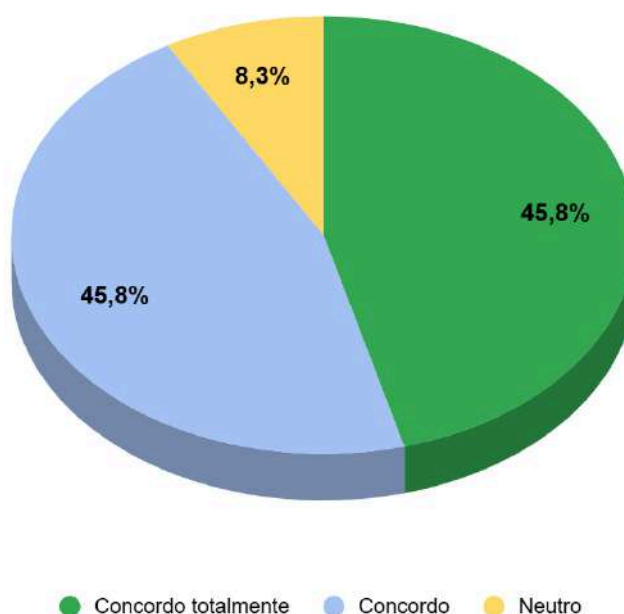


**Figura 33.** Características “*ter utilidade pedagógica*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

O resultado obtido aponta majoritariamente que o CI elaborado possui as características “*ter utilidade pedagógica*” proposta por Herreid (1998), sendo justificado

principalmente pela potencialidade do CI abordar temas científicos na perspectiva CTSA. Com as escolhas da alternativa neutra sendo justificadas devido ao conteúdo específico que o caso propõem. As principais justificativas são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** Dependendo do conteúdo que será abordado o caso tem utilidade pedagógica.

**Justificativa 2:** Sim, o caso pode ser utilizado do ponto de vista pedagógico para aulas de Química, devido a abordar conceitos químicos aliados à realidade.

**Justificativa 3:** O caso oferece uma oportunidade valiosa para estudar o impacto da desinformação na saúde pública e a importância do conhecimento científico.

A oitava característica proposta por Herreid (1998) é “*provocar conflito*”, a qual o resultado obtido é apresentado na Figura 34:

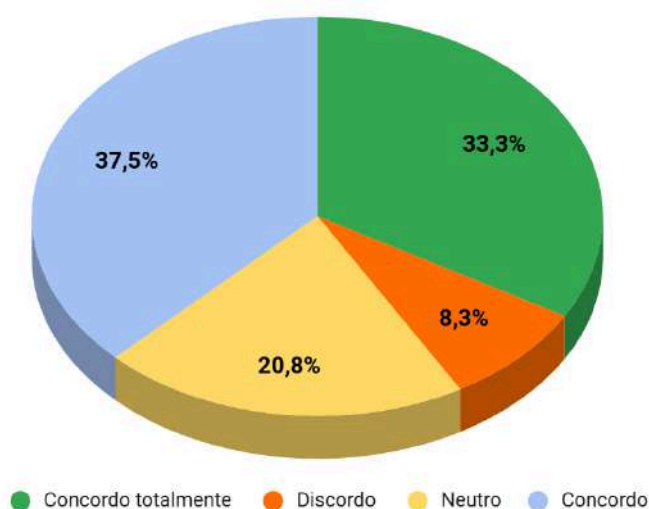


**Figura 34.** Características “*provocar conflito*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

A análise do resultado demonstrou que provavelmente muitos dos licenciandos, que avaliaram o CI, interpretaram a característica “*provocar conflito*” de maneira equivocada, buscando um conflito entre os personagens. Contudo, a maioria dos licenciandos entenderam a forma correta dessa característica, justificando que os conflitos estão realmente na decisão que os leitores devem tomar, entre recomendar uma receita caseira ou um álcool em gel

comercializado. As principais justificativas para escolhas dessas alternativas são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** Não identifiquei conflitos. Apenas que se não tivesse o Pedrinho, a Dona Maria e Helena iriam acreditar que era algo real.

**Justificativa 2:** Acredito que provoca, mas não muito intenso, pois para mim o conflito seria fazer ou não fazer um álcool em gel caseiro.

**Justificativa 3:** Sim, o caso provoca conflito ao destacar a tensão entre as recomendações baseadas em evidências e a resistência causada pela desinformação.

De acordo com os dados apresentados e considerando que o conflito que a características proposta por Herreid (1998) é entre possíveis discussões dos leitores, é possível propor que o CI elaborado possui essa característica.

Outra característica analisada foi “*forçar uma tomada de decisão*”, com os resultados obtidos apresentados na Figura 35:

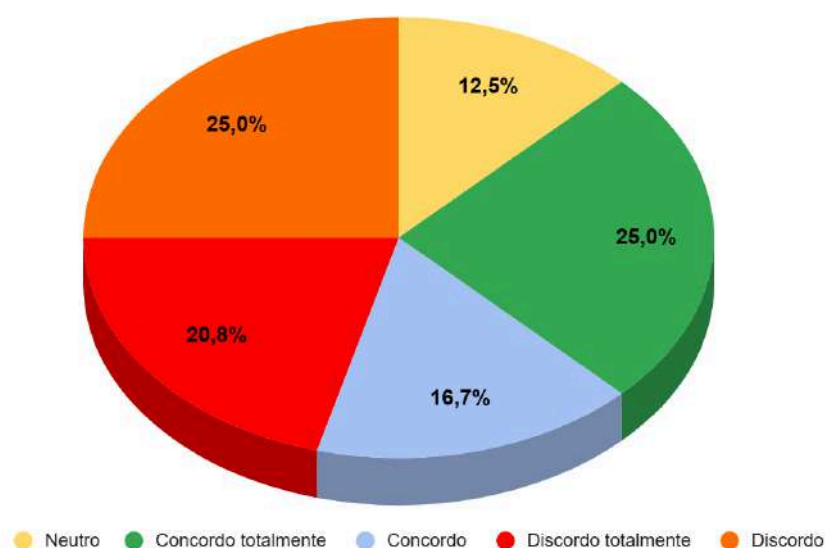


**Figura 35.** Características “*forçar uma tomada de decisão*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Entre todas as características analisadas pelos licenciandos, essa é uma das únicas que apresenta a escolha pela alternativa discordo totalmente. Ademais, apresentou uma baixa adesão com menos de 50% para as alternativas de concordo totalmente e concordo. Essa dispersão nas alternativas podem ser identificadas nas principais justificativas apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** Não força nenhuma decisão, ele apresenta questões para responder apenas.

**Justificativa 2:** Não temos que tomar decisão, apenas responder as perguntas. Pode estar subentendido, mas não é claro.

**Justificativa 3:** Força uma decisão entre o que vale mais, o álcool em gel caseiro ou o feito por profissionais.

**Justificativa 4:** Sim, é necessário uma resolução para o personagem saber se é melhor ele produzir o próprio álcool em gel ou se é melhor ele comprar pronto no mercado.

**Justificativa 5:** sim, ele pede para os professores e colegas ajudarem ele a decidirem se deve pagar mais caro pelo álcool em gel pronto ou fazer em casa.

Com as justificativas apresentadas é possível identificar dois pontos importantes, o primeiro dele é que os licenciados encontram dificuldade em reconhecer a tomada decisão que os leitores do caso devem tomar, talvez, por essa estar dentro do contexto CI, no qual os leitores devem assumir o papel de professores do personagem Pedrinho e decidirem como aconselhá-lo. Outro ponto, é que o CI deixa essa tomada de decisão por meio de questões abertas, que provavelmente é o responsável por essa ambiguidade na avaliação dessa característica. Contudo, esses fatores foram resolvidos ao adaptar o final do caso com a seguinte pergunta: “Seria recomendável aconselhar Pedrinho a produzir seu próprio álcool em gel seguindo suas orientações? Ou seria mais prudente recomendar que ele compre um álcool em gel pronto, considerando a garantia de procedimentos químicos adequados?”.

A decima característica analisada é a “*ser passivo de generalizações*”, os dados obtidos estão apresentados na Figura 36:

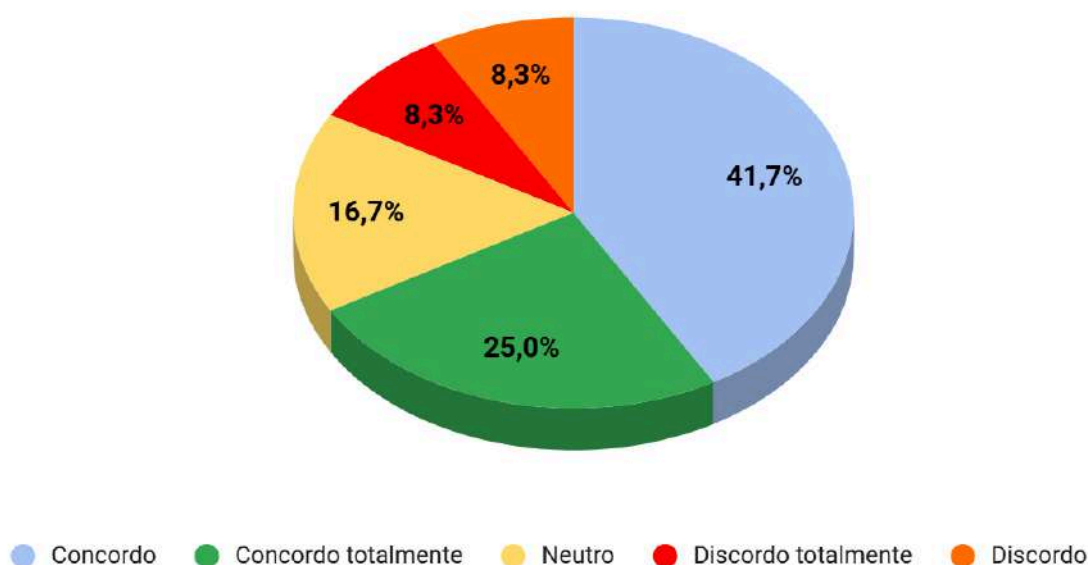


**Figura 36.** Características “*ser passivo de generalizações*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Essa característica apresentou escolhas bem divididas em relação às alternativas, contudo se mantendo com maior incidência em concordo totalmente e concordo. As principais justificativas são apresentadas a seguir:

**Justificativa 1:** O caso trata de um ponto muito específico do álcool em gel durante a pandemia, sendo de difícil generalização.

**Justificativa 2:** O caso não é totalmente generalizável. Embora ofereça reflexões sobre a influência da desinformação na saúde pública, suas especificidades, como o contexto da pandemia de *Covid-19* e o uso do álcool em gel, podem não se aplicar diretamente a outras situações.

**Justificativa 3:** Acredito que sim, pois se você utilizar o caso apresentado e substituir o problema por um parecido utilizando a mesma estrutura, o caso, ainda sim, poderá ser aplicável com o mesmo objetivo.

**Justificativa 4:** Podemos usar em diferentes áreas, mas o ponto central são os estudantes de química ou farmacêuticos.

**Justificativa 5:** Sim o caso é generalizável, pois pode ser aplicado em contextos diferentes.

Com a análise dos dados qualitativos pode se propor que as escolhas pelas alternativas de discordo totalmente, discordo e em certa parte do neutro, foram ocasionadas pela

interpretação equivocada da característica. A definição dessa característica está relacionada com a generalização da utilização dos conteúdos abordados no CI em diferentes contexto de ensino e aprendizagem, como apontam as justificativas quatro e cinco. Dessa forma, o CI pode ser utilizado em vários cursos de áreas afins a química, além dos conteúdos científicos serem passíveis de generalização para outros contextos, por exemplo, a questão das interações intermoleculares, a temática de concentrações, unidades de medidas, a função orgânica álcool, o conceito de coloides e os conteúdos CTSA. Ademais, dependendo do momento do curso onde o caso será implementado, é possível que o professor foque em um ou outro conceito.

Por fim, a última característica analisada foi a “ser curto”, com a apresentação abaixo dos resultados qualitativos obtidos pela justificativas e os quantitativos pela Figura 37:

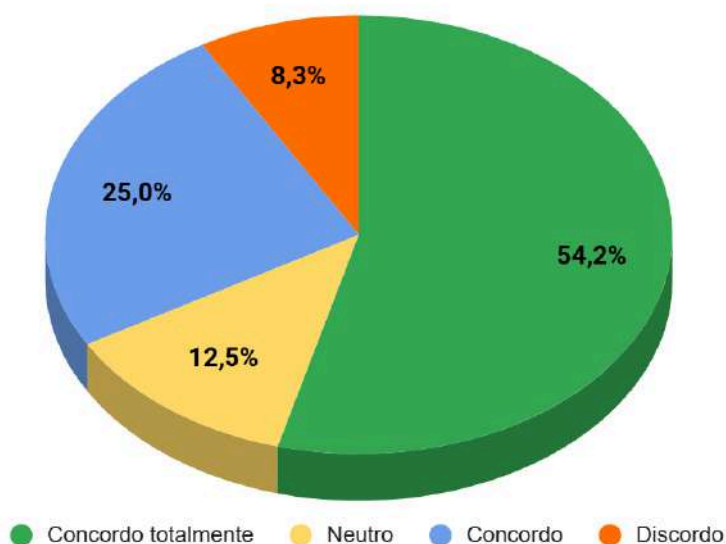


**Figura 37.** Características “*ser curto*” para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

**Justificativa 1:** Relativamente longo, mas de fácil leitura.

**Justificativa 2:** Tem um tamanho adequado, não é muito curto e nem longo

**Justificativa 3:** O caso tem tamanho adequado, suficiente para aproveitar o tempo de aula comum.

**Justificativa 4:** Caso curto e dinâmico.

A última característica apresentada uma maior incidência nas alternativas de concordo totalmente e concordo, com 79,2% das respostas. As principais justificações da alternativa

discordo possuindo um fator de apoio ao CI elaborado, apontando que o mesmo, apesar de extenso, é de fácil leitura. Com isso, é possível afirmar que o CI possui a característica “*ser curto*” proposta por Herreid (1998). Segundo a literatura especializada, um caso curto inclui textos que variam de três a cinco páginas, enquadrando esse caso como curto (Herreid, 2012).

Uma visão geral da análise dessas características é apresentada na Figura 38:

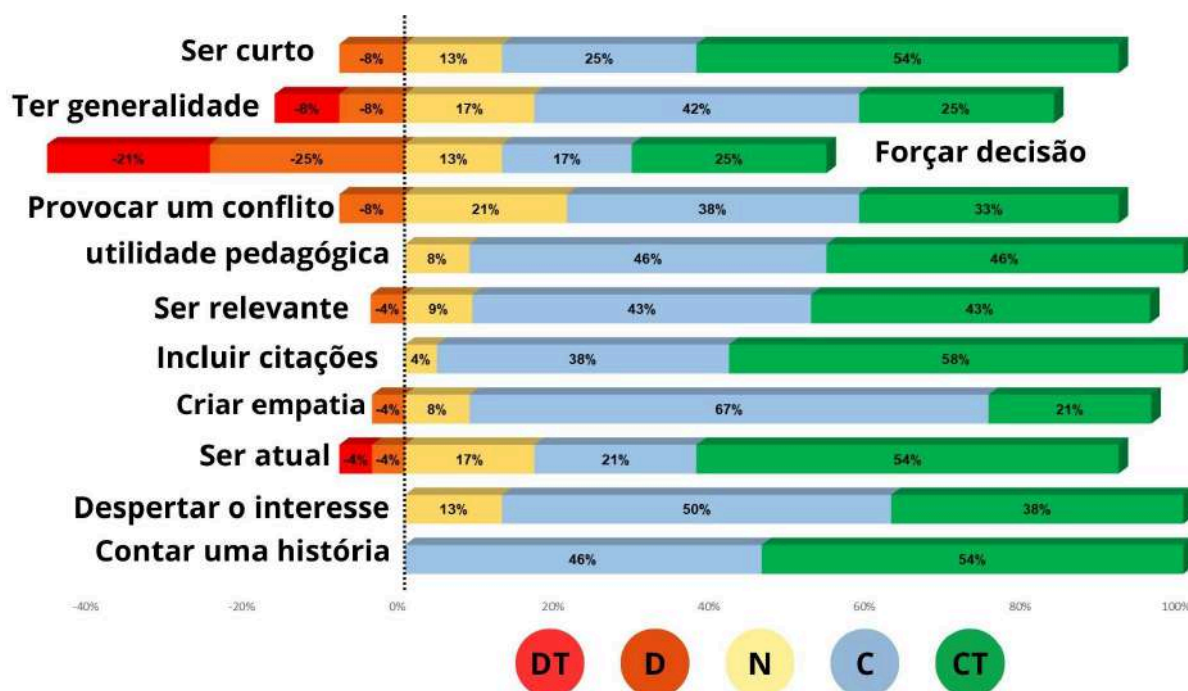


**Figura 38.** Histograma das características para um bom CI.

**Fonte:** Elaboração própria.

A análise da Figura 38, apresenta o panorama geral das características de um bom caso na visão dos licenciandos. Identificando que a tendência das análises refletem diretamente que o CI produzido possui todas as onze características propostas por Herreid (1998).

Além das características propostas para um bom CI, existem duas outras diretrizes que podem avaliar a qualidade do CI elaborado, por esse se caracterizar como uma atividade investigativa. Convém destacar que uma boa atividade investigativa deve ser capaz de criar condições em sala de aula para que os alunos explorem o material utilizado e construam seu conhecimento por meio de uma investigação. Com os dois principais conceitos responsáveis por desencadear um contexto adequado para a situação descrita acima, sendo “um bom problema” e “o grau de liberdade intelectual” (Carvalho, 2018).

O CI “O gel da confusão: entre receitas e proteção”, conta com várias questões secundárias que auxiliam na resolução do problema principal: decisão entre elaborar uma maneira eficaz de qualquer pessoa produzir o álcool em gel ou a escolha por defender que é necessário uma capacitação especializada para prepará-lo. A análise se é um bom problema é realizada pelos quatro pontos propostos por Carvalho (2018).

A primeira característica proposta por Carvalho (2018) para um bom problema é fornecer condições para os alunos levantarem hipóteses que resolvam e expliquem o fenômeno. O problema apresentado pelo CI explora um contexto bem detalhado entre as preocupações de uma instrução totalmente equivocada para produção de álcool em gel e as dúvidas genuínas sobre características químicas em relação ao álcool. Dessa forma, ao explorar uma receita simplória e a complexidade química apresentada nas questões, o CI fornece uma situação para o levantamento de hipóteses que defendem ou atacam a produção de álcool em gel caseira, levando-se assim, a resolução do problema.

De acordo com Carvalho (2018), uma segunda característica para um bom problema é a capacidade de conceder condições para os alunos relacionem os conhecimentos adquiridos com situações reais do seu cotidiano ou apliquem-os em outras disciplinas. O problema presente no CI incorpora uma problemática que fez parte integrante da vida dos leitores, os permitindo que relacionem ao período enfrentado, além de abordar conteúdos químicos como unidades de medidas, concentrações, entre outros, que geralmente estão presentes em disciplinas de áreas afins à química.

Transformar ações manipulativas como elaboração de hipóteses em ações intelectuais como a resolução do problema em uma linguagem científica, é a terceira característica de um bom problema segundo Carvalho (2018). As soluções propostas, hipoteticamente, devem seguir em uma respostas estruturadas com conhecimentos científicos que apoiem aquela decisão, tornando possível a transição entre hipótese e sua validação.

A última característica para um bom problema, proposto por Carvalho (2018), é possibilitar a construção de explicações causais do fenômeno observado e como esse pode se comportar de maneira generalizada (leis e conceitos). O problema apresentado pelo CI apresenta várias explicações causais em relação às instruções equivocadas da produção caseira do álcool em gel. Essas podem ser generalizadas quando explicadas por conhecimentos *a priori* da química e da bioquímica.

Dessa forma, é possível identificar que o problema proposto pelo CI tem a potencialidades de abranger as quatro características propostas para um bom problema. A outra diretriz desse tipo de atividade que pode contribuir para um contexto investigativo é o grau de liberdade intelectual, essa que pode variar em cinco graus, como apresentado no Quadro 6:

**Quadro 6.** Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades de resolução de problemas.

|                        | Grau1             | Grau 2         | Grau 3         | Grau 4         | Grau 5         |
|------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Problema               | P                 | P              | P              | P              | A              |
| Hipóteses              | P                 | P/A            | A/P            | A              | A              |
| Resolução do problema  | A                 | A              | A              | A              | A              |
| Análise dos resultados | (quando existe) P | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe | P/A/<br>Classe |

**Fonte:** Carvalho (2018, p. 769).

Considerando os cinco graus de liberdade intelectual possíveis para uma atividade investigativa de resolução de problemas, o CI elaborado pode ser classificado como um grau 3. No qual, o problema proposto é determinado pelo professor com a escolha da intervenção do CI, as hipóteses são realizadas pelos próprios alunos durante o debate do CI, com o professor atuando, apenas, com um papel de mediador. A resolução da problemática é de total responsabilidade dos alunos, com a análise dos principais resultados podendo variar de maneira individual ou coletiva.

Em síntese, foi possível identificar que o CI apresenta em seu escopo todas as características de um bom caso proposto por Herreid (1998). Ademais, apresenta todas as características de um bom problema, propostas por Carvalho (2018), sendo classificado em um grau três de liberdade intelectual. Assim, o CI pode ser entendido como uma atividade investigativa, com alto potencial de gerar um contexto de aprendizagem, no qual o aluno participe ativamente, expondo seus pensamentos e ideias. Dessa forma, a escolha por essa estratégia didática é totalmente condizente para iniciar a SD proposta e contribuir para os objetivos nela estipulados.

### 5.3 Roteiro investigativo para produção de álcool em gel

Uma parte integrante da SD proposta é o retorno à tecnologia associada a problemática, após a aula expositiva. Para contemplar essa etapa crucial foi elaborado um roteiro investigativo sobre a produção de álcool em gel, esse é apresentado no Quadro 9:

**Quadro 9.** Texto elaborado para o Roteiro Investigativo.

|                                                                                   |                           |                                                                    |                |                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|---------|
|  |                           | Departamento de Química Geral e Inorgânica<br>Instituto de Química |                | CAMPUS              |         |
|                                                                                   |                           |                                                                    |                | Araraquara          |         |
| Curso:                                                                            | Licenciatura em Química   |                                                                    | Modalidade de: |                     |         |
| Componente Curricular:                                                            |                           | Laboratório de Ensino de Química Geral                             |                | Código disciplina:  |         |
| Ano /Semestre: 1º/1º                                                              |                           | N. aulas semanais:                                                 | 4              | Área:               | Química |
| Total de horas: 2                                                                 |                           | Total de aulas:                                                    | 1              | Número professores: |         |
| Professor(es) responsável(eis):                                                   |                           |                                                                    |                |                     |         |
| Sequência Didática:                                                               |                           |                                                                    |                |                     |         |
| Atividade:                                                                        | Produção de álcool em gel |                                                                    |                |                     |         |

**A) Materiais, equipamentos e reagentes**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>A.1) Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Béquer (150mL; 500mL);</li> <li>- Proveta (50mL; 1000mL);</li> <li>- Espátula;</li> <li>- Pipeta de Pasteur;</li> <li>- Vidro de relógio;</li> <li>- Frasco para armazenar os produtos das sínteses;</li> </ul> <p><b>A.3) Equipamentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agitador com lâmina</li> <li>- Termômetro</li> </ul> | <p><b>A.2) Reagentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Água destilada (H<sub>2</sub>O);</li> <li>- Álcool etílico 96° C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O</li> <li>- Álcool etílico 70° C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O</li> <li>- carbômer 980</li> <li>- solução de trietanolamina a 50% (p/v)</li> <li>- água purificada qsp</li> </ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**B) Contextualizando**

A utilização do álcool 70%, como um produto eficiente para desinfecção das mãos e superfície é amplamente adotada, especialmente, em momentos de preocupação com a propagação mundial de doenças transmissíveis por vírus ou bactérias. No entanto, durante períodos de grande procura por uma mercadoria é comum que estas sofram grandes variações de preços. Devido a alta

nos preços e a falta de medidas governamentais para distribuição acessível desses produtos, uma alternativa que, aparentemente, acaba se mostrando viável para a população é a produção caseira. Porém, muitas vezes, este é produzido de forma incorreta, não atendendo as resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão que regulariza e garante a qualidade. Esse tipo de erro pode ser ocasionado devido a falta de conhecimento químico e biológico por parte da população em geral. A produção do álcool 70% requer, entre outros conhecimentos e habilidades, entender diferentes unidades de medidas, a variação da concentração do produto final após diluições levando a um álcool em gel ineficaz na eliminação de microorganismos.

### **C) Objetivos**

Entender as diferentes concentrações obtidas no álcool em gel comparando com as concentrações de álcool líquidos de partida.

Aplicar o procedimento de produção de álcool em gel de forma correta executando a medição de pH e concentração para verificação

### **D) Procedimento experimental**

Em tempos de grande demanda para produtos de finalidade antisséptica, como o álcool 70% em gel, além das empresas fabricantes aumentarem suas capacidades de produção, a demanda da população exige que outros setores sociais se mobilizem, como as instituições de ensino superior. Durante a pandemia do *COVID-19 (Coronavirus Disease 2019)*, por exemplo, para resguardar a qualidade do produto foi criada como legislação temporária, a Nota Técnica nº 03/2020, a RDC 350/2020 e a RDC 347/2020 (ANVISA, 2020), que garante que os padrões definidos pelo Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira (FNFB) sejam seguidos. Esse que prevê que o álcool para desinfecção deve possuir uma concentração álcool etílico no mínimo 70%(p/p) e no máximo 75% (p/p). Sabendo que se deve seguir FNFB para obtenção de um álcool em gel de qualidade, determine pelo procedimento experimental qual a concentração de álcool é a correta para essa produção.

### **PARTE A: Determinação da concentração de álcool**

**1a)** Rotule quatro béqueres 150ml como A, B, C e D

**2a)** Transfira em cada um deles 100ml de uma amostras distintas de álcool com concentrações diferentes, de forma que a solução 1 fique no béquer A, a 2 no béquer B, 3 no béquer C e a 4 no béquer D.

### **MEDIR TEMPERATURA**

**3a)** Realize a medição da primeira amostra:

- Transferir a amostra para uma proveta e homogeneizar;
- Após a estabilização da solução inserir cuidadosamente o alcoômetro;



**ATENÇÃO:** Para uma medição correta é necessário que o alcoômetro não encoste nas paredes e no fundo da proveta.

- Aguardar a estabilização;
- Realize a medição na base do menisco como mostra a figura 1:

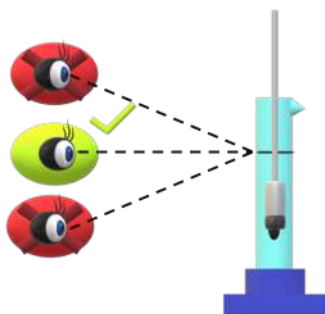


**Figura 1.** Medição no alcohômetro com menisco aferido corretamente.

**Fonte:** Elaboração própria

- Anotar o valor e realizar a correção de acordo com a temperatura (utilizando a Tabela 2 no anexo). Os valores devem ser registrados na tabela 1.

**4a)** Repita o procedimento para todas as amostras.

**Tabela 1.** Valores sem e com correção.

| Amostra | Temperatura (°C) | Valor sem a correção da temperatura (mL) | Valor com correção da temperatura (mL) |
|---------|------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| A-1     |                  |                                          |                                        |
| B-2     |                  |                                          |                                        |
| C-3     |                  |                                          |                                        |
| D-4     |                  |                                          |                                        |

### **Parte B: Preparação do álcool em gel**

Após a verificação das diferentes concentrações das amostra de álcool da parte A, e sabendo que um álcool com finalidade antisséptica deve possuir concentração na faixa 70% a 75%, qual álcool deve ser utilizado para o desenvolvimento de um processo de diluição?(Escolha entre os álcoois A, B, C e D)?

Discuta com o professor antes de prosseguir.

#### **B.1 Diluição:**

1. Calcule o volume de álcool equivalente a 75,73g (esse valor foi retirado da FNFB);
  2. Calcule a massa de água necessária para completar 100g de mistura. Transforme esse valor em volume (mL);
- Dados: densidade do álcool (96% e 96°GL = 0,806 g.cm<sup>3</sup>); (70%= 0,789 g.cm<sup>3</sup>); (70°INPM = 0,880 g.cm<sup>3</sup>) (46°INPM =0,929 g.cm<sup>3</sup>); (densidade da água:1 g.cm<sup>3</sup>).

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad \text{ou} \quad d = \frac{m}{V}$$

(Equações 1 e 2)

### **TABELA DE VALORES**

**Tabela 2.** Valores do volume equivalente a massa das substâncias.

| <i>Substância</i>         | <i>Álcool</i> | <i>Água</i> |
|---------------------------|---------------|-------------|
| <i>Massa</i>              | 75,73g        | 24,27g      |
| <i>Volume equivalente</i> |               |             |

#### **B.2 Gel:**

1. Em um béquer (500mL) coloque o volume total de álcool com metade do volume necessário de água;
2. Sob agitação constante adicionar 1g de carbômer 980;
3. Completar com o restante de água;
4. Com auxílio de um agitador com lâmina manter sob agitação por 10 minutos
5. Ajustar o pH (5-7) com solução de trietanolamina a 50% (p/v)

### **PARTE C: Teste de qualidade**

1. Meça o pH das soluções acima usando papel indicador universal.

#### **E) Refletindo**

1. Sabe-se que o álcool é um composto químico que pode ser utilizado como um agente desinfetante ou agente antisséptico, qual a principal função dessa substância para cada uma dessas papeis?
2. Sabe-se que normalmente uma solução hidratada de álcool pode ser encontrada em diferentes unidades de medidas (% , °GL, °INPM), qual é a principal diferença entre elas?
3. Qual a concentração ideal para um álcool em gel com finalidade antisséptica ?
4. Quais fatores influenciaram na escolha do seu grupo para determinar a amostra de álcool a ser utilizada no bloco B dos procedimentos experimentais?
5. Explique os valores utilizados para as correções propostas na tabela 1.
6. Quais as principais diferenças entre a utilização do álcool líquido e o álcool em gel ?
7. O que é um agente espessante? Quais as principais características do que foi utilizado nessa atividade?
8. Qual o motivo de ajustar o pH entre 5 e 7 ?

**Fonte:** Elaboração própria.

O roteiro investigativo conta com uma retomada da contextualização da problemática trabalhada pelo CI e de três blocos experimentais condicionais. O bloco A conta com um procedimento experimental no qual se deve, por meio da utilização de um alcoômetro, encontrar a concentração de quatro soluções de álcool (apenas águas; 25% alcoólica; 50% alcoólica e 96% alcoólica) desconhecidas pelos estudantes. O bloco B é constituído por dois procedimentos experimentais, o primeiro com um procedimento de diluição e o segundo com a produção do próprio álcool em gel. Por fim, o bloco C é um teste de qualidade por meio da verificação do pH adequado. Além disso, o roteiro investigativo conta com um refletindo com objetivo da retomada de conceitos científicos trabalhados na aula expositiva dessa SD que se relacionam diretamente com a prática elaborada.

Como abordado anteriormente, uma atividade investigativa pode ser avaliada de acordo com suas duas principais diretrizes, as características do seu problema e seu grau de liberdade intelectual (Carvalho, 2018). Primeiramente, em relação ao problema que esse roteiro investigativo propõe, os alunos devem escolher uma amostra de álcool correta para produção de um álcool em gel com finalidade antisséptica.

A primeira e segunda característica de um bom problema, proposta por Carvalho (2018), são respectivamente que o problema forneça condições para o levantamento de hipóteses e que ele permita relacioná-lo com seu cotidiano e em outras disciplinas. O problema proposto permite que os alunos elaborem inúmeras hipóteses relacionadas com qual amostra pode ser diluída para se obter um álcool em gel na concentração ideal de 70% para sua finalidade antisséptica. Além disso, os conhecimentos podem ser relacionados com situações reais, ao se deparar com a necessidade da compra de um álcool para finalidades antisséptica ou desinfetantes.

Carvalho (2018) propõe mais duas características para um bom problema, sendo elas transformar as hipóteses elaboradas para determinado fenômeno em ações intelectuais e construir generalizações a partir de explicações causais. O problema apresentado, como já mencionado, fornece condições para o levantamento de hipóteses, essa que leva a escolha de uma amostra de álcool e, por meio da realização dos cálculos para diluição, ocorre a transformação das ações manipulativas nas ações intelectuais em uma linguagem científica. Além disso, o problema do roteiro investigativo permite que os alunos, posteriormente à sua resolução, estabeleça generalizações entre a concentração do álcool que expliquem sua eficiência como agente antisséptico ou desinfetante.

Com isso, o problema que o roteiro investigativo propõe apresenta as quatro características de um bom problema.

Para dar continuidade à análise do roteiro é necessário avaliar qual grau de liberdade intelectual se enquadra, os cinco graus possíveis são apresentados no Quadro 3:

**Quadro 3.** Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.

|                   | Grau 1 | Grau 2     | Grau 3     | Grau 4     | Grau 5     |
|-------------------|--------|------------|------------|------------|------------|
| Problema          | P      | P          | P          | P          | A          |
| Hipóteses         | P      | P/A        | P/A        | A          | A          |
| Plano de trabalho | P      | P/A        | A/P        | A          | A          |
| Obtenção de dados | A      | A          | A          | A          | A          |
| Conclusões        | P      | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe |

**Fonte:** Carvalho (2018, p. 768).

Com os cinco possíveis graus de liberdade intelectual para uma atividade experimental proposta por Carvalho (2018), o roteiro investigativo elaborado pode ser caracterizado como grau três. No qual é possível identificar elementos de liberdade intelectual desde a elaboração de hipóteses, essa que é guiada pelo professor mas discutida em conjunto com os alunos. O plano de trabalho deve ser pesquisado e elaborado pelos alunos, que discutem o mesmo com o professor responsável, que nesse roteiro devido às especificidades dos reagentes utilizados, o professor fornece as instruções finais adequadas a serem seguidas no plano de trabalho. Com a coleta de dados sendo de total liberdade dos alunos e a proposta de problema fornecida pelo próprio professor por meio do roteiro investigativo elaborado.

Portanto, os resultados apresentados sugerem que o roteiro investigativo elaborado apresenta as principais características de um bom problema e um grau de liberdade três. Com esse material sendo de extrema importância para SD, com sua implementação contemplando a quarta etapa proposta pelo método CTSA, com retorno para tecnologia associada a problemática apresentada pelo CI, além de servir como um bom direcionamento para conclusão da SD.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central deste trabalho foi a elaboração e avaliação de materiais didáticos, como meio de estruturar uma SD fundamentada na metodologia CTSA, que contribua para uma apropriação significativa dos conhecimentos associados ao álcool em gel. Na busca para obter êxito a esse objetivo, foi elaborado um CI, um roteiro investigativo e um SD que foram analisados e avaliados de acordo com a literatura especializada.

O CI e o roteiro investigativo foram analisados de acordo com as características de um bom problema e seus graus de liberdade intelectual proposto por Carvalho (2018), com os dois apresentando todas as características de um bom problema e uma grau três de liberdade intelectual. Além disso, o CI foi analisado, por licenciandos do curso de química, em relação às onze características de um bom caso proposto por Herreid (1998), com ele contemplando todas. A análise da SD final proposto ocorreu por meio do nível CTSA que ele pertencia e se ela seguia o principal e mais aceito método CTSA proposto por Aikenhead (1990), apresentando um nível três de CTSA, no qual ocorre incorporação sistemática de conteúdo de CTSA ao conteúdo programático.

Com esses resultados, é possível identificar que o nível CTSA escolhido para a SD é resultante de dois principais fatores: *I)* por se tratar de um conteúdo que é introduzido em um momento pontual, não é viável pensar em níveis superiores como o nível quatro que estrutura toda uma disciplina na metodologia CTSA; e *II)* por se tratar de temas científicos é recomendado os níveis três e quatro, por não tratarem os conhecimentos da área da ciência em segundo plano em relação aos conteúdos CTSA.

Além disso, é explícito como as potencialidades das duas estratégias didáticas elaboradas colaboram para que a SD siga a metodologia. Com o CI incorporando praticamente três das etapas propostas no método, iniciando de forma eficiente a SD que seguem a primeira e a segunda etapa, respectivamente, a de problematização e apresentação da tecnologia associada. A resolução do CI na última aula da SD força a retomada da problemática inicial, como previsto na quinta etapa do método. Enquanto o roteiro investigativo corresponde a quarta etapa, a qual prevê o retorno a tecnologia associada após a abordagem dos conhecimentos científicos, que nessa SD, é realizada por uma aula expositiva.

Por fim, a SD proposta pode ser utilizada dentro de disciplinas de curso superiores de química e áreas afins, colaborando para maior incidência da metodologia CTSA em curso superiores de formação inicial de professores, suprimindo a falta de domínio e destreza dos

futuros docentes em lidar com essa abordagem metodológica. Além disso, os materiais didáticos elaborados também são fundamentados na metodologia CTSA, contribuindo para o aumento desse tipo de material pronto para ser adaptado e implementado.

Diante aos resultados apresentados por essa pesquisa, as proposta de perspectivas futuras são:

I) Incorporação a SD de uma entrevista gravada com um especialista de uma universidade pública, responsável pela produção de álcool em gel de *whisky* contrabandeado durante a pandemia;

II) Implementação e avaliação do potencial da SD e dos materiais didáticos elaborados, para encontrar possíveis limitações que não colaboram para uma melhor aprendizagem acerca dos conteúdos relacionados ao álcool em gel.

## 7 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC N°350**: resolução da diretoria colegiada. ANVISA, 2020.

Aikenhead, G. S. Science-technology-society Science education development: from curriculum policy to student learning. *In*: Conferência internacional sobre ensino de ciências para o século XXI: ACT-Alfabetização em ciência e tecnologia, 1990, Brasília. **Proceedings [...]** Brasília

Aikenhead, G. S. What is STS science teaching? **STS education: International perspectives on reform/Teachers College Columbia University**, p. 47-59, 1994.

Alves, M.; Bego, A. M. A celeuma em torno da temática do planejamento didático-pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 71-96, 2020.

Andrade, D.; Beraldo C. C.; Watanabe, E.; Oliveira, B. A.; Ito, I. Y. Atividade antimicrobiana in vitro do álcool gel a 70% frente às bactérias hospitalares e da comunidade. **Medicina (Ribeirão Preto)** Brasil, v. 40, n. 2, p. 250–254, 2007.

Araújo, M. S. T.; Abib, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

Aristóteles. **Metafísica**. São Paulo: Editora Abril, 1979 (Coleção Os Pensadores).

Atkins, Peter.; Jones, L.; Laverman, Leroy. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Auler, D.; Bazzo, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

Auler, D.; Delizoicov, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em ciências**, v. 3, n. 2, p. 105-1115, 2001.

Bacon, F. **Novum Organum. “Aforismo XIX”**. São Paulo: Nova Cultural, 1988 (Coleção Os Pensadores).

Bergland, M.; Lundeborg, M.; Klyczek, K.; Sweet, J.; Emmons, J.; Martin, C.; Marsh, K.; Werner, J.; Jarvis-Uetz, M. Exploring biotechnology using case multimedia. **American Biology Teacher**, v. 68, n. 2, p. 81 - 86, 2006.

Bettelheim, F. A.; Brown, W. H.; Campbell, M. K.; Farrell, S. O. **Introdução à química geral, orgânica e bioquímica - Combo: Tradução da 9ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.

Borges, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 9 - 31, 2002.

Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

Brasil. **Guia de livros didáticos: Química PNLD**. Secretaria da Educação Básica- Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2011.

Brasil. **Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

Brito, L. M.; Aguiar, V. O.; Silva, P. S. R. C.; Amantes, B. P; Rodrigues, E. J. R.; Merat, P. P; Tavares, M. I. B. Produção de álcool em gel 70% com diferentes precursores poliméricos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1

Caamaño, A. Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil de los trabajos prácticos. **Alambique**, v. 39, n. 8, p. 19, 2004.

Carvalho, A. M. P. **Ensino de ciência: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

Carvalho, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

Centers for Disease Control and Prevention. **RR-10: Guidelines for environmental infection control in health care facilities**. MMWR, 2003.

Chalmer, A. F. **O que é ciência afinal?**. São Paulo: Brasiliense, 1993. 223 p.

Cliff, W.; Wright, A. Directed case study method for teaching human anatomy and physiology. **Advances in Physiology Education**, v. 270, n. 6, p. 19-28, 1996.

Conselho Federal de Química. **Nota oficial: esclarecimentos sobre álcool gel caseiro, higienização de eletrônicos e outros**. CFQ, 2020.

Descarte, R. **Discurso do Método**. São Paulo: Nova Cultural, 1987 (Coleção Os Pensadores).

Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.; Scott, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.1, n.9, p.31- 40, 1999.

Farmacopeia Brasileira. **Formulário nacional da farmacopeia brasileira**. 2. ed. Brasília: ANVISA, 2012. 225 p.

Ferreira, K. Q.; Rigolia, I. C.; Silva, M. V. S; Espeleta, A. F.; Rocha, Z. N. Álcool em gel para assepsia das mãos – formulação adequada e eficiência garantida em meio à pandemia da covid-19. **Química Nova**, v. 45, p. 324-334, 2022.

Francisco, W. **Casos investigativos e relações com o saber no Ensino de Ciências**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2018. 252 p.

Francisco, W. Uma releitura das características para um “bom” caso: tecendo aproximações com as crônicas narrativas. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 1, p. 183-201, 2022

Gaspar, A.; De Castro Monteiro, I. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

Giordan, M. O papel da experimentação no ensino de ciência. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

Gonçalves, R. P. N.; Goi, M. E. J. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 136-152, 2020.

Gott, R.; Welford, G.; Foulds, K. **The assessment of practical work in science**. Oxford: Brasil Blackwell, 1988.

Guimarães, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198 - 202, 2009.

Herreid, C. F. Case Studies in Science: A Novel Method of Science Education. **Journal of College Science Teaching**, v. 23, n. 4, p. 221 - 229, 1994.

Herreid, C.F. What is a case? Bringing to science education the established teaching tool of law and medicine. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 2, p. 92 - 94, 1997.

Herreid, C. F. What makes a good case? **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n.3, p.163 - 169, 1998.

Herreid, C. F. Putting words in their mouth: writing dialogue for case studies. **Journal of College Science Teaching**, v. 47, n. 4, p. 50 - 55, 2018.

Herreid, C. F. The chef returns: a recipe for writing great case studies. **Journal of College Science Teaching**, v. 48, n. 3, p. 38 - 42, 2019.

Herreid, C. F. Twixt fact and fiction: a case writer's dilemma. **Journal of College Science Teaching**, v. 31, n. 7, p. 428 - 430, 2002

Herreid, C. F.; Prud'Homme-Généreux, A.; Schiller, N. A.; Herreid, C. F.; Wright, C. W. What Makes A Good Case, Revisited: The Survey Monkey Tells All. **Journal of College Science Teaching**, vol. 46, n. 1, p. 60 - 65, 2012.

Herreid, C. F. Trigger cases versus capstone cases. **Journal of College Science Teaching**, v. 38, n. 2, p. 68 - 70, 2008.

Herreid, C. F. Case study teaching. **New Directions for Teaching and Learning**, n. 128, p. 31 - 40, 2011.

Hofstein, A.; Aikenhead, G.; Riquarts, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 357, 1988.

International Union of Pure and Applied Chemistry. **Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC recommendations and preferred names**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.

Junior, M. J.; Varanda, L. C. O mundo dos colóides. **Química Nova na Escola**, v. 9, p. 9-13, 1999.

Johnson, D.; Johnson, R.; Smith, K. **Active learning: cooperation in the college classroom**. Edina: Interaction Book Co., 2006.

Klein, D. **Química Orgânica- Uma Aprendizagem Baseada em Solução de Problemas**. v.1. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 301 p.

Klein, D. **Química Orgânica**. v.1. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 572 p.

Knamiller, G. W. The struggle for relevance in science education in developing countries. **Studies in Science Educations**, n. 11, p. 60-78, 1984.

Leite, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. **Educación Química**, v. 29, n. 3, p. 61-78, 2018.

Lima, M. L. S.; Almeida, R. K. S; Fonseca, F. S. A.; Gonçalves, C. C. S. A química dos saneantes em tempos de COVID-19: você sabe como isso funciona?. **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 668-678, 2020.

Losse, J. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, 1979.

Lowe, I. STS: The future mode of science education. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 31, n. 1, p. 23-32, 1985.

Luján, L. J. L.; González, G. M. I.; Cerezo, J. A. L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: **TECNOS**, 1996.

Marcondes, M; Paulino, A; De Souza, F; Junior, J; Akahoshi, L. Analisando materiais didáticos com enfoque CTSA produzidos por professores de Química do Ensino Médio. **Indagatio Didactica**, v. 12, n. 4, p. 327 - 348, 2020.

McMurry, J. **Química Orgânica - Combo: Tradução da 9ª edição norte-americana**. 3.ed. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. 629 p.

Mckavanagh, C.; Maher, M. Challenges to science education and the STS response. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 28, n. 2, p. 69-75, 1982.

Morales, V. A. **Vamos modelar, professor Hélio?:** Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional por meio da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica. 2021.

Moreira, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

Moreira, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In: Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, 1997, Burgos, Espanha. **Actas[...]** Burgos: ENAS, 1997

Moreira, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implicação em sala de aula.** Brasília: Ed. UnB, 2006.

Mortimer, E. F.; Machado, A. H.; Romanelli, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química nova**, v. 23, p. 273-283, 2000.

Nelkin, D. Science education for citizens: Perspectives and issues II. Science and technology policy and the democratic process. **Studies in Science Education**, n. 9, p. 47-64, 1982.

Osler, T. Antiseptics in surgery. **Surgical infections**, p. 119-126, 1995.

Pacey, A. **La cultura de la tecnología.** Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

Pinheiro, A. F.; ; Mattos, F. R.; Silveira, A. G. Educação CTSA e aprendizagem baseada em problemas: Possibilidade metodológica para o curso de bacharelado em ciência e tecnologia de alimentos. **Revista Ifes Ciência**, v. 8, n. 1, p. 1 - 25, 2022.

PRIMO, C. M. **Como tornar indissociáveis ensino, pesquisa e extensão na química? Um estudo sobre implementação de um design inovador sobre MOFs luminescentes.** 2023. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2023.

Queiroz, S. L.; Cabral, P. F. O. **Estudo de Casos no Ensino de Ciências Naturais.** São Carlos: Art. Point Gráfica e Editora, 2016. 119 p.

Ramsey, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. **Science Education**, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

Ribeiro, F. V.; Amorim, A. P. O.; Lopes, C. S. Discutindo *fake news* sobre química durante a pandemia da *COVID-19*: como elas têm influenciado os alunos?. **Revista Thema**, Pelotas, v. 21, n. 2, p. 387-401, 2022.

Roberts, D. A. What counts as science education?. In: Fensham, P., J. **Development and dilemmas in science education. Barcombe:** The Falmer Press, 1991, chap. 2 p.27-55.

Roby, K. R. Origins and significance to science technology and society movement. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 27, n. 2, p. 37-43, 1981.

Sá, L. P.; Francisco, C. A.; Queiroz, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

Sá, L. P.; Queiroz, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. 2. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010

Sanmartí, N. Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza/aprendizaje. In: **Didáctica de las ciencias em la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Editorial Síntesis, 2009. cap. 8, p. 169 - 204.

Santos, A. A. M.; Verrotti, M. P.; Sanmartin, J. A.; Mesiano, E. R. A. B. Importância do álcool no controle de infecções em serviços de saúde. **Rev. adm. Saúde**, p. 7-14, 2002.

Santos, W. L.P.; Schnetzler, R. P. **Educação em Química:** Compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010. 159 p.

Schnetzler, R. P. Construção do conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, v. 11, n. 55, 1992.

Sequinel, R.; Lenz, G. F.; Silva, F. J. L. B.; Silva, F. R. Soluções a base de álcool para higienização das mãos e superfícies na prevenção da covid-19: compêndio informativo sob o ponto de vista da química envolvida. **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 679-684, 2020

Silva, R. R.Machado, P. F. L.; Tunes , E. Experimentar sem medo de errar. In: Santos, L. P.; Maldaner, O. A. **Coleção educação em química**. 1. ed. Ijuí: Unijuí, 2010. Cap. 9, p. 231-261.

Silva, R. R.; Zanon, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: Capes/Unimep, 2000. Cap. 6.

Solomon, J. Science technology and society courses: tools for thinking about social issues. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 379-378, 1988.

Solomons, T.W G.; Fryhle, C. B.; Snyder, S. A. **Química Orgânica**. v.1. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

Suart, R. de C. A experimentação no ensino de química: conhecimentos e caminhos. In: Santana, E. M.; Da Silva, E. L. **Tópicos em ensino de química**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014. p. 63-88.

Thomas, I. D. Assessing student understanding of science-technology-society interactions. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 31, n. 4, p. 33-37, 1985.

Villanova, J. C. O.; Oréfice, R. L.; Cunha, A. S. Aplicações farmacêuticas de polímeros. **Polímeros**, v. 20, n. 1, p. 51-64, 2010.

Vieira, R. M., & Vieira, C. **Estratégias de ensino/aprendizagem**. Lisboa: Instituto Piaget, 2005.

Vollhardt, K. P.; Schore, N. E. **Química orgânica: Estrutura e função**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 313 p.

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

Yager, R. E.; McCormack, A. J. Assessing teaching/learning successes in multiple domains of science and science education. **Science & Education**, v. 73, n. 1, p. 45-58, 1989.